

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE TROPICAL**

**NAIR HILDELGARD SOARES DOS SANTOS**

**Estrutura de comunidades de macroalgas ao longo do gradiente salino no  
manguezal do estuário do rio São Mateus - ES**

**São Mateus-ES**

**Agosto de 2016**

**ESTRUTURA DE COMUNIDADES DE MACROALGAS AO LONGO  
DO GRADIENTE SALINO NO MANGUEZAL DO ESTUÁRIO DO RIO  
SÃO MATEUS - ES**

NAIR HILDELGARD SOARES DOS SANTOS

**Dissertação de Mestrado em Biodiversidade Tropical**

**Mestrado em Biodiversidade Tropical**

Universidade Federal do Espírito Santo

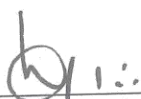
São Mateus, 2016

# "Estrutura de comunidades de macroalgas ao longo do gradiente salino no manguezal do estuário do rio São Mateus - ES"

**Nair Hildelgard Soares Dos Santos**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical, para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade Tropical.

Aprovada: 18/08/2016.



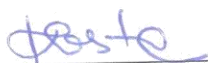
---

Prof. Dr. Anderson Alves Araújo  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Orientador



---

Profª. Drª. Diógina Barata  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Co-Orientadora



---

Profª. Drª. Karla Gonçalves da Costa  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Examinadora Externa



---

Prof. Dr. Camilo Dias Junior  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Examinador Externo

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)  
(Divisão de Biblioteca Setorial do CEUNES - BC, ES, Brasil)

---

Santos, Nair Hildelgard Soares dos, 1991-  
S237e      Estrutura de comunidades de macroalgas ao longo do  
             gradiente salino no manguezal do estuário do rio São Mateus –  
             ES / Nair Hildelgard Soares dos Santos. – 2016.  
             61 f. : il.

Orientador: Anderson Geyson Alves de Araújo. Coorientador:  
Diógina Barata.  
Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) –  
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário  
Norte do Espírito Santo.

1. Macroalgas. 2. Salinidade. 3. Estuários. 4. Manguezal. I.  
Araújo, Anderson Geyson Alves de. II. Barata, Diógina. III.  
Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Universitário  
Norte do Espírito Santo. IV. Título.

CDU: 502

---

“Nobody said it was easy,  
no one ever said it would be this hard...  
questions of science, science and progress,  
don't speak as loud as my heart.”

### **The Scientist (Coldplay)**

A todos os brasileiros, que sabendo ou não, subsidiaram este trabalho.  
Em especial à minha mãe.

**Dedico**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela vida e saúde para seguir em frente, por nunca me deixar desanimar. Por ser minha fortaleza sempre.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa.

À minha mãe por ser meu ponto de equilíbrio, por todo amor dedicado, por acreditar em mim, incentivar e apoiar todas minhas decisões. Você é minha luz! Amo você!

À Diógina Barata por confiar mais este trabalho a mim, pelo aprendizado no mundo da ficologia. Obrigada pela orientação e amizade durante todo esse tempo.

Ao Anderson Alves-Araújo por aceitar a me orientar, pela confiança depositada, por ser sempre tão prestativo. Muito obrigada! Sem o seu apoio eu jamais chegaria aqui.

Aos meus amados irmãos, pelo companheirismo, amor, amizade, por serem minha distração nos fins de semana.

Ao meu namorado Jadson, por tudo! Muito obrigada por se fazer presente em minha vida, por todo amor, por ser meu apoio nos momentos que mais precisei, por acreditar em mim quando eu mesma não acreditava. Por me acompanhar nos campos mesmo odiando mangue. Por ser meu companheiro durante essa jornada. Amo você!

Ao professor Maurício Hostim por sempre me auxiliar desde a graduação, pelo incentivo para ingressar na pós-graduação.

Agradeço as minhas sobrinhas Lana e Ana Catarina por me mostrar que a felicidade está em um simples sorriso, vocês são minha alegria.

À tia Dema por ser minha segunda mãe, por todo apoio, pela amizade, pelas palavras amigas e por me acolher sempre que precisei.

À tia Nina pela companhia nas tardes em Nova Venécia, pela amizade, pela diversão.

Agradeço as minhas primas Tarciana e Ingrid, pela amizade, amor, companheirismo, obrigada por se fazerem presentes sempre em minha vida.

Aos amigos pela ajuda nas coletas: Bruno Fanticelle, Sabrina Brahim, Juliana Penha, Thais Sciarretta, Gean Zanetti, Matheus Augusto, Quenia Lyrio.

À velha guarda do Laboratório de Ecologia Aquática, que apesar da distância física nunca nos separamos: Jacqueline Almeida, Juliana Penha, Bruno Fanticelle, Gean Zanetti, Sabrina Brahim. Obrigada pela amizade de vocês, e por saber que tenho em vocês bons e verdadeiros amigos.

Ao Tarciley por viabilizar todas as coletas e me auxiliar na burocracia com os barcos.

Ao Lilico por me conduzir nas coletas, pela paciência de esperar nossa demora para coletar, rs.

Aos companheiros e amigos do PPGBT, em especial ao Cléber Cobre por sempre ouvir minhas lamentações, pelas conversas compartilhadas, pelos conselhos e pelas tardes de café no laboratório.

Aos amigos de longa data: Livia Cuquetto, Emanuelle Cata Preta, Thais Sciarretta, Karen Otoni, Grazielle Clarino, Raissa Mendes. Obrigada pela presença em minha vida, pela amizade.

Ao Luis Fernando Tavares de Menezes e a Karla Gonçalves da Costa por serem mais que professores, mas também bons amigos.

Obrigada a todos que de alguma forma contribuíram para este trabalho!

## APRESENTAÇÃO

Esta dissertação está subdividida em: Introdução Geral, Capítulo I (único); e considerações finais. O trabalho está estruturado em forma de artigo com o objetivo de facilitar a submissão em periódico científico específico.

A Introdução Geral apresenta a definição de estuário, bem como sua importância ecológica, além de caracterizar uma fisionomia que constitui este ambiente: o manguezal. Enfatizando as adaptações necessárias para a manutenção e estabelecimento das macroalgas. Assim, pôde-se caracterizar a associação comum neste ambiente formada, principalmente, por macroalgas do gênero *Bostrychia* (Montagne), apresentando o papel desempenhado por estes organismos no ecossistema.

No Capítulo I foi realizado o levantamento florístico da comunidade ficobentônica, além de apresentar a estruturação da comunidade de macroalgas sob influência da variação de gradiente salino no manguezal do estuário do Rio São Mateus, obtendo dados de riqueza de táxons, diversidade e equitabilidade, além de coleta e análise das informações sobre o ambiente na área estudada.



## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	8
<b>ABSTRACT</b> .....	9
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	10
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	11
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	13
O ambiente estuarino: Definições e importância .....	13
O ecossistema manguezal: Distribuição .....	14
Macroalgas em manguezais .....	15
Importância das macroalgas.....	16
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	29
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	31
2.1. Caracterização da área de estudo .....	31
2.2. Procedimentos de campo .....	33
2.3. Procedimentos de laboratório .....	34
2.4. Análise de dados .....	34
<b>3. RESULTADOS</b> .....	36
3.1. Composição Florística e Biomassa .....	36
3.2. Parâmetros ambientais .....	43
3.3. Zonação.....	45
3.4. Índices ecológicos.....	45
<b>4. DISCUSSÃO</b> .....	50
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	55
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	57

## RESUMO

O presente estudo tem como objetivo, contribuir com o conhecimento da comunidade de macroalgas aderidas a rizóforos no manguezal do estuário do rio São Mateus, através do levantamento da ficoflora e da estrutura de comunidade pelos atributos de composição taxonômica, frequência de ocorrência, riqueza de táxons, diversidade e equitabilidade. Foram realizadas amostras trimestrais entre 2015 e 2016. Quatro pontos foram amostrados ao longo do estuário. Em cada ponto foram analisados cinco rizóforos, sendo cada um subdividido em três regiões: inferior, mediana e superior, amostradas com um quadrado de 10x10cm em sua superfície. Neste estudo foram identificadas 10 espécies, sendo sete representantes da divisão Rhodophyta e três da divisão Chlorophyta. Pôde-se observar a associação comum ao manguezal: o “Bostrychietum”. O resultado do PCoA demonstrou a distribuição de algumas espécies em relação aos diferentes gradientes de salinidade. A correlação de Spearman apresentou relações significativas entre a salinidade e a biomassa das macroalgas. Através da análise BIO-ENV a temperatura da água não foi determinante na estruturação da comunidade, somente a salinidade mostrou ser o parâmetro ambiental que influenciou na comunidade. A análise de Permanova mostrou que não houve diferenciação clara entre os estratos dos rizóforos (Superior, Médio e Inferior). A ANOVA constatou que a comunidade respondeu de forma diferente a variação dos níveis de salinidade nos pontos amostrais, mostrando que o último ponto amostral, de menor salinidade, foi o que mais se diferenciou dos demais. O resultado do IndVal para a associação das espécies a alta ou baixa salinidade mostrou que *Bostrychia montagnei* apresentou maior relação com a alta salinidade e que os representantes do gênero *Rhizoclonium* apresentaram uma preferência pelas áreas com baixa salinidade. A análise de *cluster* evidenciou que existe uma diferenciação entre os pontos amostrais, agrupando o ponto 1 ao ponto 2, e o ponto 3 ao ponto 4, a análise de Permanova confirmou este padrão. Este trabalho mostra-se relevante para o conhecimento da ficoflora bentônica associada ao ecossistema manguezal. Considerando que a área estudada está inserida em uma área de preservação ambiental.

**Palavras-chave:** Bostrychietum, macroalgas, salinidade, manguezal, Espírito Santo.

## ABSTRACT

The present study aims to contribute to the knowledge of the community of seaweed adhered to rhizophores in the mangrove estuary of the river São Mateus, through the survey of the ficoflora and of the structure of the community by the attributes of taxonomic composition, frequency of occurrence, taxa richness, diversity and equitability. Quarterly samples were undertaken between 2015 and 2016. Four points were sampled along the estuary. At each point we sampled five rhizophores, with each rhizophore divided into three regions: the lower, middle and higher, where a square of 10x10cm was sampled on its surface. In this study were identified a total of 10 species, and seven representatives of the division Rhodophyta and three of the division Chlorophyta. One could observe the common mangrove association: the "Bostrychietum". The result of the PCoA showed the distribution of some species in relation to different salinity gradients. The Spearman correlation showed significant relationships between salinity and the biomass of seaweed. Through the BIO-ENV the water temperature was not decisive in the structuring of the community, only the salinity showed be the environmental parameter which influenced in the community. The Permanova analysis showed that there was no clear distinction between the strata of rhizophores (Upper, Middle and Lower). The result of the IndVal showed substrate preference of the species *Bostrychia calliptera*. The ANOVA found that the community responded differently to variations in salinity levels that sampling points, showing that the last sample point was the most different from the other. The result of IndVal for association of species associated with high or low salinity showed that *Bostrychia montagnei* showed greater relationship with the high salinity that representatives of the genus *Rhizoclonium* sp showed a preference for areas with low salinity. The cluster analysis showed that there is a differentiation between the sampling points, grouping the 1 point to point 2, and point 3 to point 4, the Permanova analysis confirmed this pattern. This work shows to be relevant to the knowledge of benthic ficoflora associated with the mangrove ecosystem. Whereas the study area is inserted in an area of environmental preservation.

**Key-words:** Bostrychietum, seaweed, salinity, mangrove, Espírito Santo.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Presença de espécies encontradas por coleta, em cada ponto amostral.....	37
<b>Tabela 2:</b> Valores de biomassa por espécie, em cada ponto amostral.....	38
<b>Tabela 3:</b> Coeficiente da correlação de Spearman entre os índices da comunidade ficobentônica e a salinidade.....	43
<b>Tabela 4:</b> Parâmetros físico-químicos e nível de maré do durante as amostragens no manguezal do estuário do rio São Mateus.....	44
<b>Tabela 5:</b> Resultado da análise Indval, ao nível de significância de $p < 0,05$ .....	45

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Localização da área de estudo, com demarcação dos pontos amostrados, no estuário do Rio São Mateus, localizado na cidade de Conceição da Barra, ES.....	32
<b>Figura 2:</b> Representação da área do rizóforo amostrada, utilizando os quadrates 10x10 cm, apresentando os estratos (Superior, Médio e Inferior).....	33
<b>Figura 3:</b> Imagem de fotomicroscópio da espécie <i>Bostrychia radicans</i> .....	39
<b>Figura 4:</b> Detalhe mostrando o ramo com estiquídio de <i>Bostrychia radicans</i> .....	39
<b>Figura 5:</b> Detalhe da ramificação de <i>Bostrychia tenella</i> .....	39
<b>Figura 6:</b> Aspecto geral de <i>Bostrychia calliptera</i> .....	39
<b>Figura 7:</b> Detalhe da ramificação de <i>Bostrychia calliptera</i> .....	39
<b>Figura 8:</b> Detalhe do ápice do ramo de <i>Bostrychia calliptera</i> .....	39
<b>Figura 9:</b> Detalhe do ramo de <i>Bostrychia montagnei</i> com cistocarpo.....	40
<b>Figura 10:</b> Aspecto geral de <i>Bostrychia montagnei</i> .....	40
<b>Figura 11:</b> Detalhe do ramo com estiquídios de <i>Bostrychia radicans</i> .....	40
<b>Figura 12:</b> Detalhe do ramo mostrando estiquídios de <i>Bostrychia moritziana</i> .....	40
<b>Figura 13:</b> Imagem de foto microscópio da espécie <i>Caloglossa leprieurii</i> .....	40
<b>Figura 14:</b> Aspecto geral de <i>Catenella caespitosa</i> .....	40
<b>Figura 15:</b> Detalhe mostrando as ramificações de <i>Boodleopsis pusilla</i> .....	41
<b>Figura 16:</b> Detalhe mostrando a ramificação dicotômica de <i>Boodleopsis pusilla</i> .....	41
<b>Figura 17:</b> Filamentos emaranhados de <i>Rhizoclonium riparium</i> .....	41

<b>Figura 18:</b> Filamentos de <i>Rhizoclonium riparium</i> emaranhados a espécie <i>Rhizoclonium africanum</i> .....	41
<b>Figura 19:</b> Filamentos de <i>Rhizoclonium riparium</i> emaranhados a espécie <i>Rhizoclonium africanum</i> .....	41
<b>Figura 20:</b> Detalhe mostrando os filamentos de <i>Rhizoclonium</i> sp.....	41
<b>Figura 21:</b> Disposição das macroalgas na superfície dos rizóforos (A, B e C).....	42
<b>Figura 22:</b> Gráfico apresentando os valores de biomassa por espécie (expressos em g/cm <sup>2</sup> ) e os níveis de variação de salinidade da 1 <sup>a</sup> coleta (A), 2 <sup>a</sup> coleta (B), 3 <sup>a</sup> coleta (C) e 4 <sup>a</sup> coleta (D).....	46
<b>Figura 23:</b> PCoA apresentando a preferência das espécies de acordo com a salinidade de cada ponto amostral.....	47
<b>Figura 24:</b> Permanova apresentando o comparativo dos estratos amostrados (Superior, Médio e Inferior), ao nível de significância <0,05 .....	47
<b>Figura 25:</b> Análise de variância (ANOVA) para os descritores de Riqueza (A), Diversidade (B), Equitabilidade (C) e Biomassa (D) .....	48
<b>Figura 26:</b> Análise de agrupamento ( <i>cluster</i> ) utilizado para indicar similaridade entre os pontos amostrais.....	49
<b>Figura 27:</b> Análise Permanova apresentando o comparativo entre os pontos amostrais, ao nível de significância <0,05.....	49

## INTRODUÇÃO GERAL

### O ambiente estuarino: Definições e importância

Nos últimos anos, várias tentativas foram feitas para rever as definições de estuário, com vista a acomodar os diferentes tipos fisiográficos deste sistema (Elliott & McLusky, 2002). Kinne (1971) classificou os estuários de acordo com dados biológicos obtidos, que por sua vez, valorizou a existência do estuário como habitat. Pethick (1993) tentou definir o ambiente estuarino como uma determinada proporção de água doce que se encontra com o mar e sofre influência das marés. Miranda (2002) definiu estuários como ambientes de transição entre o continente e o oceano, onde os rios encontram o mar, resultando na diluição mensurável da água salgada. Portanto, a complexidade e a vulnerabilidade à influência do homem são características comuns a estes ambientes. Já Braga *et al.* (2005) afirmam que o estuário é um corpo hídrico semifechado com livre acesso para o mar, com as águas marinhas misturando-se com as águas doces em pontos de desembocaduras de rios e baías costeiras. Guerra (2009), por sua vez, afirma que os estuários representam porções finas de um rio, que estão sujeitos aos efeitos sensíveis das marés.

Dentre as várias definições, a mais utilizada é a que define estuário como sendo um corpo de água semi-fechado que se conecta livremente com o oceano, onde em seu interior a água salgada vinda do mar sofre uma diluição gradativa pela água doce vinda do continente (Pritchard, 1967).

Os estuários são áreas de extraordinária produtividade e diversidade biológica, muitas vezes suportam um grande número de organismos vivos. A disponibilidade fácil de nutrientes e luz solar, a proteção do embate de ondas e a presença de diferentes habitats permitem o crescimento de muitas espécies (Garrison, 2010).

Os estuários são caracterizados pelas frequentes mudanças naturais de suas variáveis abióticas e consequentemente bióticas. Tem-se sugerido que os fatores abióticos sobrepõem-

se aos bióticos na determinação da presença das espécies nos estuários, assim como de suas abundâncias (Blaber, 2000). Estes ambientes apresentam grandes flutuações na salinidade, temperatura, oxigênio dissolvido, nutrientes, maré, fluxo de água doce, corrente marinha e turbidez (Kupschus & Tredmain, 2001), estão normalmente sujeitas à forte influência da bacia de drenagem do rio e possuem, em regiões equatoriais e tropicais, um tipo característico de vegetação denominada mangue, formando o ecossistema manguezal (Schmiegelow, 2004). Grandes amplitudes de maré associadas a baixios costeiros suavemente inclinados favorecem o desenvolvimento dos manguezais continente adentro, em estuários e deltas, nos quais a penetração da cunha salina promove maior desenvolvimento dos manguezais quanto maior for à amplitude de maré e o alcance da mesma, rio acima (Vale, 2010).

### **O ecossistema manguezal: Distribuição**

O manguezal é um ambiente que se restringe a faixas costeiras, ocorrendo frequentemente em regiões abrigadas e apresentando condições propícias para alimentação, proteção e reprodução de muitas espécies de animais, sendo considerado importante transformador de nutrientes em matéria orgânica e gerador de bens e serviços (Schaeffer-Novelli, 1991).

Os manguezais ocorrem nas regiões tropicais do planeta atingindo seu máximo desenvolvimento estrutural onde ocorra alta precipitação pluvial e grandes marés. No Brasil, os manguezais formam grandes sistemas nas regiões norte e nordeste, principalmente em áreas litorâneas dos estados do Maranhão e do Pará. O estado de Santa Catarina marca o limite sul de distribuição dos manguezais na costa leste da América do Sul (Schmiegelow, 2004).

Estes ecossistemas podem ser vistos como uma interface entre os ecossistemas terrestres e marinhos, fornecendo vias de transporte e transformação de materiais entre ambos (Brown, 1984). Neste ecossistema ocorrem importantes associações de macroalgas crescendo



como epífitas em pneumatóforos, rizóforos e troncos das árvores dos gêneros *Avicennia* L., *Rhizophora* L. e *Laguncularia* Gaertn (Pedroche *et al.*, 1995). O sistema radicular de *R. mangle* apresenta uma comunidade característica de macroalgas adaptada a uma forte concorrência com outros organismos pelo espaço e a sombra projetada pela parte aérea do mangue. Assim, as árvores de mangue criam um ambiente adequado para o crescimento de uma flora algal típica (Taylor, 1959).

Ao longo da costa brasileira, os manguezais apresentam-se com características estruturais bastante distintas (Bernini & Rezende, 2004). Nos últimos anos, tem sido dada maior atenção à conservação dos manguezais devido ao papel exercido na manutenção da alta diversidade biológica, estrutural e funcional da zona costeira (Soares, 1999). O desenvolvimento de atividades industriais, pesqueiras, turísticas e a construção de portos, sem planejamento adequado, colocam em risco áreas de manguezal (Cury, 2002). Estima-se que cerca de 60 a 75% de todo o litoral tropical seja ocupado por manguezais que vem sendo destruídos pela ação antrópica ao longo dos últimos séculos (Fontes *et al.* 2007).

Os manguezais do Estado do Espírito Santo ocupam uma área aproximada de 70 km<sup>2</sup> e se distribuem desde o riacho Doce, no extremo norte, até o rio Itabapoana, na divisa com o Estado do Rio de Janeiro (Vale & Ferreira, 1998).

### **Macroalgas em manguezais**

No manguezal ocorrem importantes associações de macroalgas crescendo como epífitas em pneumatóforos, rizóforos e troncos das árvores dos gêneros *Avicennia* L., *Rhizophora* L. e *Laguncularia* Gaertn e denominadas inicialmente por Post (1936) como “Bostrychietum”. Essas associações incluem cianobactérias e clorofíceas, contudo há marcada predominância de rodofíceas, mais precisamente dos gêneros *Bostrychia* Mont., *Caloglossa* (Harv.) G. Martens e *Catenella* Grev. (Pedroche *et al.*, 1995). Nestas áreas, o “Bostrychietum” tem grande importância ecológica como produtor de oxigênio, abrigo para

muitos animais do manguezal, além de ser indicador de águas limpas (Burkholder & Almodovar, 1974; Pereira, 2000). Esta associação de espécies representa uma fonte importante de produção primária para este sistema (Karsten *et al.*, 2000).

O gênero *Bostrychia* pertence à família Rhodomelaceae (Rhodophyta) sendo constituído por espécies com larga distribuição em águas tropicais e águas temperadas frias ocorrendo em ambientes marinhos e de água doce, mas, predominantemente em manguezais e alguns representantes em frestas e fendas abrigadas de recifes e costões rochosos (King & Puttock, 1989). Existe hoje grande interesse sobre a distribuição das macroalgas associadas a manguezais, especialmente sobre as espécies de *Bostrychia*, portanto, esse gênero tem sido extensivamente estudado em termos de sua fisiologia (Karsten & Kirst, 1989), especialmente tolerância à variação de salinidade (Yarish & Edwards, 1982). Alguns estudos abordam aspectos das variações espaciais e temporais (Miranda & Pereira 1989/90; Yokoya *et al.* 1999), outros tratam de aspectos relacionados a biomassa e cobertura (Oliveira 1984; Paula *et al.* 1989; Eston *et al.* 1991, 1992; Pereira 1996; Cutrim 1998; Pereira 2000; Cunha & Costa 2002), e um trabalho (Cunha & Duarte 2002) aborda aspectos da fisiologia do gênero *Bostrychia*.

Outra associação típica é o “Rhizoclonietum”, onde há associação de algas da divisão Chlorophyta, com dominância dos gêneros *Rhizoclonium* (Roth.) Kütz, *Ulva* L. e *Cladophora* Kützinger (Pedrini, 1980).

### **Importância das macroalgas**

As macroalgas marinhas, representadas pelas rodofíceas, feofíceas e clorofíceas, durante seu curso evolutivo, desenvolveram grande variedade anatômica e complexidade morfológica. Embora muitas sejam restritas a uma porção relativamente pequena dos oceanos do mundo, elas são importantes contribuintes para os sistemas marinhos por apresentarem alta

produtividade primária costeira, devido à sua biomassa concentrada, além de desempenharem um papel fundamental na cadeia alimentar (Littler & Littler, 1984).

As algas estão entre os mais eficientes conversores de energia solar em energia química utilizável (Vonshak & Maske, 1980). Estudos recentes têm demonstrado que as macroalgas representam uma fonte significativa de produção primária em alguns ecossistemas de manguezais, constituindo importantes fontes de energia e elementos minerais para as redes tróficas estuarino-lagunares (Rodriguez & Stoner, 1990; Steinke & Naidoo, 1990; Karsten *et al.*, 1994; Narasimha Rao, 1995).

Muitas espécies de macroalgas exibem características essenciais para serem consideradas bioindicadores (Sanchez-Rodriguez *et al.*, 2001). Além de excelentes bioindicadores, as macroalgas são do ponto de vista econômico, importantes recursos utilizados na alimentação do homem e de animais, e servem como matéria prima para indústrias de diversos segmentos através da extração de ficocolóides como agaranas, carragenanas e alginatos (Oliveira, 1998).

A diversa gama de condições ecológicas se reflete em uma diversificação acentuada da flora de algas. Esta riqueza local de espécies sugere um alto potencial biotecnológico para algas marinhas brasileiras. No entanto, o interesse nas aplicações biotecnológicas de algas realmente surgiu depois de um ciclo de estudos taxonômicos e florísticos na década de 1950 e estudos ecológicos entre os anos 1970 e 1990, aumentou o conhecimento das espécies nativas (Fernandes *et al.*, 2014).

As algas vermelhas biosintetizam uma grande variedade de bioativos que são os principais componentes da matriz extracelular (Nosedá *et al.*, 1999). A sub-família Bostrychioideae (Ceramiales, Rhodophyta) produz como seus principais metabólitos fotossintéticos, os hexitóis isoméricos, dulcitol e sorbitol, e estes, são únicos em algas vermelhas (Kremer, 1976). A distribuição e a função destes polióis têm sido extensivamente

estudadas. O papel de polióis (D-dulcitol , D-sorbitol ) na aclimação de algas de mangue foi descrito por vários autores (Karsten *et al.*, 1992 a, West *et al.*, 1992). Polióis são mantidos como compostos solúveis nas células e, aparentemente, desempenham múltiplas funções em algas vermelhas, como: regulação da pressão osmótica, o volume da célula e o equilíbrio de fluidos. Quando a salinidade aumenta, também aumenta a síntese de poliols nas células. Estes bioativos são importantes para proteger e estabilizar os sistemas de organelas, a síntese de proteínas e funções enzimáticas. Além disso, também servem como antioxidantes importantes pela eliminação de radicais de oxigênio prejudiciais, como protetores de calor através da estabilização de proteínas e fontes de energia mais rápidas para o metabolismo e manutenção (Zucarello & West, 2011).

Devido à importância ecológica das macroalgas vários estudos foram realizados na costa brasileira. Entre os anos de 1954 e 1957, Joly realizou um estudo em que referiu-se a algumas espécies de macroalgas para manguezais de Santos (SP). Pedrini (1980) listou as espécies presentes em manguezais da Baía de Sepetiba (RJ). Oliveira (1984) descreveu um padrão comum de distribuição vertical de algas encontradas em mangues brasileiros e sugere que a distribuição vertical pode ser o resultado de diferentes adaptação ou tolerância à variação em vários fatores ambientais, bem como o resultado de interações biológicas entre as populações. Vários autores realizaram estudos acerca da distribuição das macroalgas associadas a manguezais assim como sua ampla tolerância a variações de salinidade e dessecação (Broderick & Dawes 1998; Peña *et al.* 1999).

A ampla tolerância das algas de manguezal a condições tipicamente estressantes do ambiente estuarino e sua capacidade de produção líquida, mesmo em período de emersão sugere que estes organismos possam representar uma importante fonte de carbono para os manguezais (Mann & Steinke 1988; Peña *et al.* 1999). Além disso, as macroalgas marinhas são importantes componentes econômica e ecologicamente para os ecossistemas marinhos em

todo o mundo. As macroalgas oferecem uma riqueza de habitats no manguezal, contribuindo como produtores primários, fornecendo abrigo, refúgio e fonte de alimento para os organismos marinhos (Zucarello *et al.*, 2001).

Embora tenha aumentado o interesse pelas macroalgas do ecossistema manguezal (Phillips *et al.* 1994), pouco conhecimento se tem da distribuição dessas macroalgas nos diversos substratos que o manguezal oferece. Estudos envolvendo a distribuição das macroalgas têm sido realizados principalmente em pneumatóforos dos manguezais da África do Sul (Steinke & Naidoo 1990; Phillips *et al.* 1994; 1996) da Indonésia (Chihara & Tanaka 1986) e da costa brasileira (Eston *et al.* 1992; Cutrim, 1998). Para rizóforos, têm-se os trabalhos de Kolehmainen & Hildner (1974), Rodriguez & Stoner (1990) e Peña *et al.* (1999), na América Central e Miranda *et al.* (1988) na região nordeste do Brasil.

Para o estado do Espírito Santo, Oliveira (1969) listou as espécies presentes em manguezais e, após algum tempo, Oliveira (1984) enfatizou a importância de estudos sobre macroalgas, fazendo algumas considerações ecológicas. Apesar disso, são escassos os trabalhos sobre macroalgas em ambientes estuarinos do estado do Espírito Santo, principalmente para o extremo norte do estado.

Desta forma, este estudo se mostra importante, contribuindo com informações relevantes sobre a integridade do manguezal estudado, considerando que a área de estudo está inserida em uma área de preservação ambiental (APA de Conceição da Barra). Por isso, este trabalho contribui como subsídio para planos de manejo desta Unidade de Conservação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bernini E, Rezende EC. 2004. Estrutura da vegetação em florestas de mangue do estuário do rio Paraíba do Sul, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 18(3): 491-502.
- Blaber SJM. 2000. Tropical estuarine fishes: ecology, exploitation and conservation. Queensland, Blackwell Science.
- Braga B, Hespanhol I. 2005. Introdução à engenharia ambiental: desafio do desenvolvimento sustentável. 2ª edição. São Paulo, Pearson Prentice Hall.
- Broderick ME, Dawes CJ. 1998. Seasonal photosynthetic and respiratory responses of the red alga *Bostrychia tenella* (Ceramiales, Rhodophyta) from a salt marsh and mangal. *Phycologia* 37(2): 92-99.
- Brown MS. 1984. Mangrove leaf litter production and dynamics. In: Snedaker SC, Snedaker GJ. (eds). *The Mangrove Ecosystem: Research Methods*. Unesco. pp. 231-238.
- Burkholder PR, Almodovar LR. 1974. Studies on mangrove algae communities in Puerto Rico. *Florida Scientist*. 36:66-74.
- Chihara M, Tanaka J. 1986. Species composition and ecology of macroalgae in mangrove brackish of east Indonésia. In: Ogina K, Chihara M. (Eds.) *Biological system of mangrove. A report of east Indonésia mangrove expedition*. Ehuna University. p.7-20.
- Cunha SR, Costa BSC. 2002. Gradientes de salinidade e frequência de alagamento como determinantes da distribuição e biomassa de macroalgas associadas a troncos de manguezais na Baía de Babitonga, SC. *Notas Técnicas Facimar*. 6:93-102.
- Cunha SR, Duarte RN. 2002. Taxas fotossintéticas e respiratórias de macroalgas do gênero *Bostrychia* (Rhodomelaceae, Rhodophyta). *Notas Técnicas Facimar*. 6:103-110.

- Cury JC. 2002. Atividade microbiana e diversidades metabólica e genética em solo de mangue contaminado por petróleo. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Cutrim MVJ. 1998. Distribuição espaço-temporal de macroalgas aderidas em troncos e pneumatóforos de *Avicennia germinans* (L.) Stearn em duas áreas de mangues da Ilha de São Luís – MA / Brasil. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo (Instituto de Biociências). São Paulo.
- Elliott M, McLusky DS. 2002. The need for definitions in understanding estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 55: 815–827.
- Eston VR, Yokoya NS, Fujii MT, Braga MRA, Plastino EM, Cordeiro-Marino M. 1991. Mangrove macroalgae in Southeastern Brazil: spatial and temporal patterns. *Revista Brasileira de Biologia* 51: 829-837.
- Eston VR, Braga MRA, Cordeiro-Marino M, Fujii MT, Yokoya NS. 1992. Macroalgal colonization patterns on artificial substrates inside southeastern Brazilian mangroves. *Aquatic Botany* 42:315-325.
- Fernandes PRD, Oliveira PV, Yoneshigue-Valentin Y. 2014. Seaweed biotechnology in Brazil: six decades of studies on natural products and their antibiotic and other biological activities. *Journal of Applied Phycology* 11: 35–40
- Fontes KAA, Pereira SMB, Zickel CS. 2007. Macroalgas do Bostrychietum aderido em pneumatóforos de duas áreas de manguezal do Estado de Pernambuco, Brasil. *Iheringia* 62 (1): 31-28.
- Garrison T. 2010. Fundamentos de oceanografia. Volume 4. Cengage Learning.

- Guerra AT, Guerra AJT. 2009. Novo dicionário geológico – geomorfológico. 7ª edição. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil.
- Joly AB. 1954. The genus *Bostrychia* Montagne, 1838 in Southern Brazil. Taxonomic and ecological data. Boletim Faculdade Filosofia Ciencias e Letras, Universidade São Paulo (Botânica, 209). 13:7-21.
- Joly AB. 1957. Contribuição ao conhecimento da flora ficológica marinha da baía de Santos e arredores. Boletim Faculdade Filosofia Ciencias e Letras, Universidade São Paulo (Botânica, 217). 14:1-196.
- Karsten U, Kirst GO. 1989. Incomplete turgor pressure regulation in the terrestrial red alga *Bostrychia scorpioides* (Huds.) Mont. Plant Science. 61: 29–36.
- Karsten UJ, West AJ, Zuccarello CG. 1992a. Polyol content of *Bostrychia* and *Stictosiphonia* (Rhodomelaceae, Rhodophyta) from field and culture. Botanica Marina 35: 11-19.
- Karsten U, Koch S, West JA, Kirst GO. 1994. The intertidal red alga *Bostrychia simpliciuscula* Harvey ex J. Agardh from a mangrove swamp in Singapore: Acclimation to light and salinity. Aquatic Botany. 48: 313-323.
- Karsten U, Sawall T, West J, Wienckel C, Wegener A. 2000. Ultraviolet sunscreen compounds in epiphytic red algae from mangroves. Hydrobiologia 432: 159–171.
- King RJ, Puttock CF. 1989. Morphology and taxonomy of *Bostrychia* and *Stictosiphonia* (Rhodomelaceae, Rhodophyta). Australian Journal of Botany. 21: 1-73.
- Kinne O. 1971. Invertebrates. In: Marine Ecology. In: Kinne O.(Ed.). Wiley Interscience, London, p. 822-995.
- Kolehmainen SE, Hildner MD. 1974. Zonation of organisms in Puerto Rican red mangrove (*Rhizophora mangle* L.) swamps. In: Walsh GE, Snedaker S, Teas HJ. (eds). Proceeding



- International Symposium on Biology and management of mangroves. Honolulu, Hawai.  
p. 357-365.
- Kremer BP. 1976. Distribution of alditols in the genus *Bostrychia*. *Biochemical Systematics and Ecology* 4: 139–141.
- Kupschus S, Tredmain D. 2001. Associations between fish assemblages and environmental factors in nearshore habitats of a subtropical estuary. *Journal of Fish Biology*, 58: 1383-1403.
- Littler MM, Littler DS. 1984. Relationships between macroalgal functional form groups and substrata stability in a subtropical rocky-intertidal system. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 74: 13-34.
- Mann FD, Steinke TD. 1988. Photosynthetic and respiratory responses of the mangrove-associated red algae, *Bostrychia radicans* e *Caloglossa leprieurii*. *South African Journal of Botany* 54: 203- 207.
- Miranda PTC, Gurgel FFG, Liberato MAF, Oliveira MT, Arruda TLB. 1988. Comunidades bentônicas em raízes de *Rhizophora mangle* L., no manguezal do rio Ceará (Ceará – Brasil. *Arquivo de Ciências do Mar* 27: 101-110.
- Miranda PTC, Pereira SMB. 1989. Macroalgas bentônicas no manguezal do rio Ceará (Ceará-Brasil). Distribuição em função das condições hidrológicas. *Arquivos de Ciência do Mar*. 28: 39-52.
- Miranda PTC , Pereira SMB. 1989/90. Macroalgas Bentônicas no Manguezal do Rio Ceará (Ceará-Brasil). II - Distribuição em função das condições hidrológicas. *Arquivos da Estação de Biologia Marinha da Universidade Federal do Ceará*. 28: 39–52.
- Miranda LB, Castro BM, Kjerfve B. 2002. Princípios de oceanografia física de estuários. Vol. 42. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.

- Narasimha Rao GM. 1995. Seasonal growth, biomass and reproductive behavior of three species of red algae in Godavari Estuary. *Journal of Phycology*. 31:209-214.
- Nosedá DM, Tulio S, Duarte REM. 1999. Polysaccharides from the red seaweed *Bostrychia montagnei*: chemical characterization. *Journal of Applied Phycology* 11:35.
- Oliveira EC. 1969. Algas marinhas do Sul do Estado do Espírito Santo (Brasil). I. Ceramiales. *Boletim Faculdade Filosofia Ciências e Letras, Universidade São Paulo, Botânica*, 26: 1-277.
- Oliveira EC. 1984. Brazilian mangal vegetation with special emphasis on the seaweeds. In: Por FD, Dor I. (eds), *Hydrobiology of the Mangal*. Dr. W. Junk Publishers, The Hague. p. 55-65.
- Oliveira EC. 1998. The seaweed resources of Brazil. In: Critchley AT, Ohno M. (eds.) *Seaweed resources of the world*. Editora Jica. Japão. p. 367-371.
- Paula EJ, Ugagim Y, Kanagawa AJ. 1989. Macroalgas de manguezais da Ilha de Maracá – Estado do Amapá, Brasil. *Insula*. 19: 56-65.
- Pedrini AG. 1980. Algas Marinhas Bentônicas da Baía de Sepetiba e Arredores (RJ). *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.
- Pedroche FF, West AJ, Zuccarello CG, Sentíes A, Karsten U. 1995. Marine red algae of the mangroves in Southern Pacific México and Pacific Guatemala. *Botanica Marina*. 38: 111-119.
- Peña EJ, Zingmark R, Nietch C, Bay B. 1999. Comparative photosynthesis of two species of intertidal epiphytic macroalgae on mangrove roots during submersion and emersion. *Journal of Phycology* 35:1206-1214.

- Pereira SMB. 1996. Algas marinhas bentônicas. In: Sampaio, E. V. S. B.; Mayo, S. & Barbosa S. (eds.). Pesquisa Botânica Nordestina: Progresso e Perspectivas. Sociedade de Botânica do Brasil, Recife. p.79-96.
- Pereira SMB. 2000. Macroalgas bentônicas. In: Barros HME, Eskinazi-Leça HME, Macedo SJ, Lima T. (eds.). Gerenciamento participativo de estuários e manguezais. Editora Universitária, Recife. p. 48-63.
- Pethick JS. 1993. Shoreline adjustments and coastal management: physical and biological processes under accelerated sea level rise. *The Geographical Journal* 159: 162-168.
- Phillips A, Lambert G, Granger JE, Steinke TD. 1994. Horizontal zonation of epiphytic algae associated with *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. Pneumatophores at Beachwood Mangrove Nature Reserve, Durban, South Africa. *Botanica Marina* 37: 567-576.
- Phillips A, Lambert G, Granger JE, Steinke TD. 1996. Vertical zonation of epiphytic algae associated with *Avicennia marina* (Forssk.) pneumatophores at Beachwood Mangrove Nature Reserve, Durban, South Africa. *Botanica Marina* 39: 167-175.
- Post E. 1936. Systematische und pflanzengeographische Notizen zur *Bostrychia-Caloglossa* Assoziation. *Revisit Algologik*. 9:1-84.
- Pritchard RW. 1967. What is an estuary?. *Estuaries*. American Association for the Advancement of Science. pp. 3-5.
- Rodriguez C, Stoner AW. 1990. The epiphyte community of mangrove roots in a tropical estuary: Distribution and biomass. *Aquatic Botany*, 36:117-126.
- Sanchez-Rodriguez I, Huerta-Diaz MA, Choumiline E, Holguin-Quinones O, Zertuche-Gonzalez JÁ. 2001. Elemental concentrations in different species of seaweeds from

- Loreto Bay, Baja California Sur, Mexico: implications for the geochemical control of metals in algal tissues. *Environmental Pollution*. 114(2):145-60.
- Schaeffer-Novelli Y. 1991. Manguezais brasileiros. Tese (Livre Docência) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, Brasil.
- Schmiegelow MMJ. 2004. O planeta azul: Uma introdução às ciências marinhas. Volume 1. Interciência.
- Silva MAB, Bernini E, Carmo TMS. 2005. Características estruturais de bosques de mangue do estuário do rio São Mateus, ES, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*.19:465-471.
- Soares MLG. 1999. Estrutura vegetal e grau de perturbação dos manguezais da Lagoa da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia* 59(3): 503-515.
- Steinke TD, Naidoo Y. 1990. Biomass of algae epiphytic on pneumatophores of the mangrove, *Avicennia marina*, in the St. Lucia estuary. *South African Journal of Botany*. 56(2):226-232.
- Taylor WR. 1959. Association algales des mangroves d' Amerique. *Colloq Int. Centre National Research Science* 81:143-152.
- Vale CC, Ferreira RD. 1998. Os manguezais do litoral do Estado do Espírito Santo. In: *Anais do Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira*. Brasil. pp. 88-94.
- Vale CC. 2010. Correlação entre os processos erosivos e sedimentares e o comportamento das espécies vegetais dos manguezais da foz do rio São Mateus, litoral norte do estado do Espírito Santo. *GEOUSP - Espaço e Tempo* 27: 113-134.
- Vonshak A, Maske H. 1980. Algas: técnicas de crescimento e produção de biomassa. In: Coombs J, Hall DO. (Eds.), *Técnicas de Bioprodutividade e Fotossíntese*. p.131-154.

- West AJ, Zucarello CG, Pedroche RR, Karsten U. 1992. Marine red algae of the mangroves in Pacific Mexico and their polyol content. *Botanica Marina* 35: 567-572.
- Yarish C, Edwards P. 1982. A field and cultural investigation of the horizontal and seasonal distribution of estuarine red algae of New Jersey. *Phycologia*. 21: 112-124.
- Yokoya NS, Plastino EM, Braga RMA *et al.* 1999. Temporal and spatial variations in the structure macroalgae associated with mangrove trees of Ilha do Cardoso, São Paulo state, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 22(2): 195-204.
- Zuccarello GC, Yeates PH, Wright JT, Bartlett J. 2001. Population structure and physiological differentiation of haplotypes of *Caloglossa leprieurii* (Rhodophyta) in a mangrove intertidal zone. *Phycology* 37: 235-244.
- Zucarello CG, West AJ. 2011. Insights into evolution and speciation in the red alga *Bostrychia*: 15 years of research. *Algae* 26(1): 3-14.

## **CAPÍTULO I**

### **Estrutura de comunidades de macroalgas ao longo do gradiente salino no manguezal do estuário do rio São Mateus - ES**

Nair Hildelgard Soares dos Santos, Diógina Barata, Anderson Alves-Araújo

A ser submetido para *Acta Botanica Brasilica*, normas disponíveis em:

<http://www.scielo.br/revistas/abb/iinstruc.htm>

## 1. INTRODUÇÃO

As características físico-químicas dos ambientes estuarinos apresentam grandes variações, já que ocorre o encontro da água do mar com a água doce. Dentre os parâmetros que mais variam, a salinidade é o principal, ainda que diversos outros também flutuem muito, como o teor de oxigênio dissolvido ou a temperatura da água. Estas variações criam um ambiente estressante para os organismos (Schmiegelow, 2004). Em ambientes estuarinos, a disponibilidade de nutrientes pode variar muito, tanto em um curto espaço de tempo (de horas a dias) como em ciclos sazonais, assim como, os fatores que limitam o crescimento, tais como a salinidade, que pode variar principalmente em períodos de extrema seca ou chuva excessiva (Ramus & Venable 1987).

Tendo em vista que colonizam o ambiente estuarino intermareal, as macroalgas estão sujeitas a variações na salinidade, devido à descarga fluvial, variação na precipitação, marés enchentes, além de variações na irradiância, na temperatura, no nível de nutrientes e de dessecação, devido aos ciclos de submersão e emersão consequentes das oscilações da maré (Mann & Steinke, 1988; Dawes 1996). Estas flutuações ambientais podem influenciar nos padrões de distribuição horizontal e vertical das macroalgas, modificando a estrutura das comunidades e a dinâmica de produção de biomassa ao longo do ambiente estuarino. Por isso, macroalgas que se encontram neste tipo de ambiente devem apresentar mecanismos que contrabalançam a disponibilidade de recursos e os fatores limitantes com o seu crescimento e a sua produtividade (Loureiro & Reis, 2008).

A salinidade é considerada o principal fator físico-químico que afeta a riqueza de espécies marinhas em ambientes salobros. Por isso, vários estudos têm sido realizados sobre o efeito da salinidade na distribuição de algas marinhas bentônicas indicando como fator limitante na composição das espécies em estuários. A salinidade é controlada principalmente pelo fluxo e refluxo das marés, bem como pela quantidade de escoamento de água doce, que

geralmente varia sazonalmente (Conover, 1964). A disponibilidade de luz, nitrogênio e a condição limitante que a salinidade impõe são considerados os principais fatores que controlam a produtividade de macroalgas em ambientes estuarinos (McGlathery & Pedersen 1996).

O Espírito Santo é considerado uma das regiões mais ricas em macroalgas do Brasil, apresentando uma flora de transição, com predominância de rodofíceas em relação a outras classes (Horta *et al.*, 2001). No entanto, existem poucos trabalhos com enfoque na ficoflora de ambientes estuarinos do estado do Espírito Santo, principalmente nos manguezais do extremo norte do estado. Neste sentido, este trabalho objetiva descrever a composição florística e a estrutura de comunidades de macroalgas mostrando a influência da variação de salinidade no manguezal do estuário do rio São Mateus.



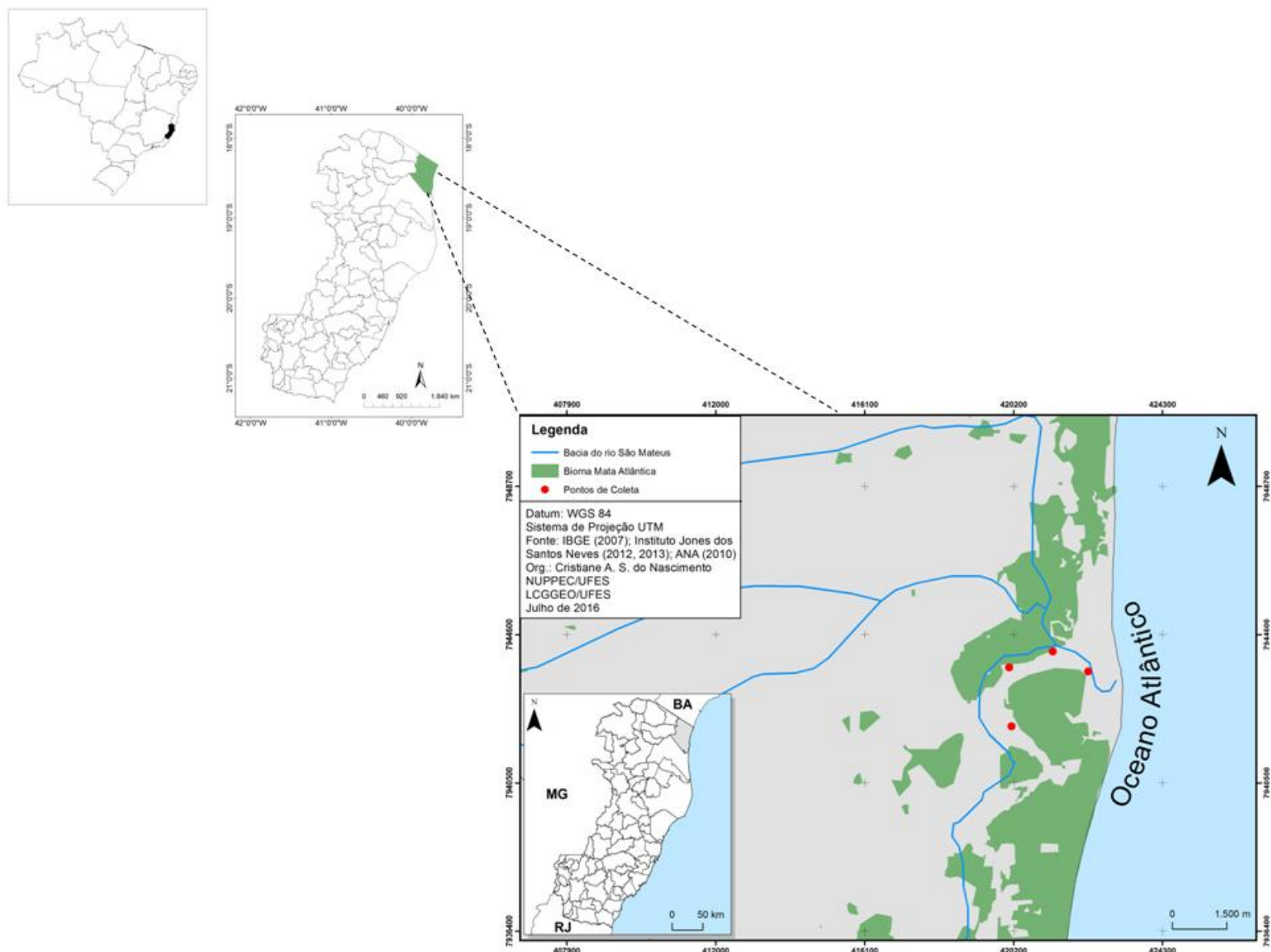
## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Caracterização da área de estudo

O município de Conceição da Barra possui uma área geográfica de 1.184,944 km<sup>2</sup> e está localizado no extremo norte do estado do Espírito Santo (IBGE, 2016) e apresenta clima tropical úmido (Silva, *et al.* 2005).

O trabalho foi realizado no manguezal do estuário do rio São Mateus (18°36'S e 39°44'W), área pertencente à APA de Conceição da Barra, ES, com extensão de 7.728 ha. A concessão de autorização de pesquisa ocorreu por meio do Processo nº 68619677.

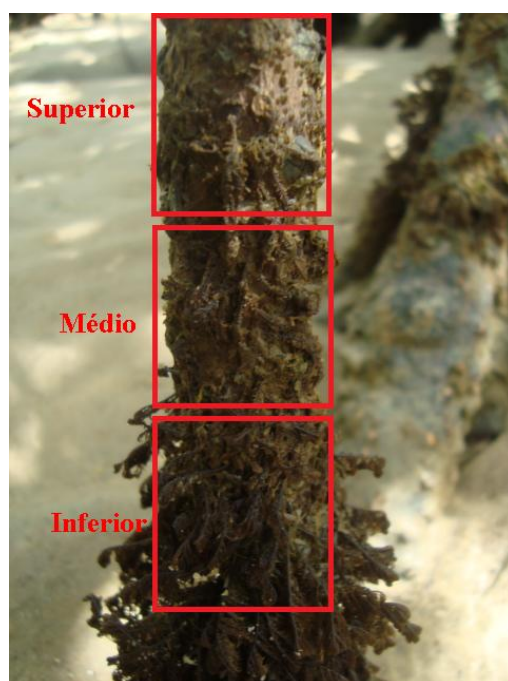
Amostras trimestrais foram realizadas ao longo de doze meses entre os meses de fevereiro de 2015 e fevereiro de 2016, em quatro pontos amostrais ao longo do estuário no manguezal da foz do rio São Mateus (Figura 1). As coletas foram realizadas em períodos de maré de sizígia. A maré no local é caracterizada como micromareal com marés semidiurnas (DNH, 2012). A temperatura da água variou entre 23,8 °C e 31,4°C. Para amostragem foi definida uma área dentro do estuário até onde predominava *Rhizophora mangle* (L.). O ponto amostral 1, mais próximo a foz, consiste na área de manguezal em frente ao cais do porto. O ponto amostral 2, localiza-se próximo a entrada do rio São Domingos, que deságua no rio São Mateus. O ponto 3 está localizado na região de médio estuário, cerca de 1km distante do ponto anterior, e, por fim, o ponto 4 está localizado no interior do estuário, região onde ainda predomina a ocorrência de *Rhizophora mangle*.



**Figura 1:** Área de estudo, localizada na cidade de Conceição da Barra, ES. Demarcação dos pontos da área de manguezal amostrada em vermelho.

## 2.2. Procedimentos de campo

Para a amostragem quantitativa, em cada ponto amostral foram amostrados cinco rizóforos. Foi realizada a medição da altura de cada rizóforo e seu diâmetro, este por sua vez, foi subdividido em três regiões e cada uma foi amostrada com o quadrante de 10x10cm. As três regiões foram definidas como inferior, média e superior ao longo do rizóforo amostrado (Fig. 2). As macroalgas dispostas dentro do quadrante foram raspadas em campo, com o auxílio de uma espátula, acondicionadas em sacos plásticos, etiquetadas e levadas ao laboratório para a fixação em solução de formaldeído a 4%. Os parâmetros ambientais medidos foram salinidade e temperatura, coletados diretamente no ambiente, com o auxílio de um multiparâmetro HANNA HI991300<sup>®</sup>.



**Figura 2:** Área do rizóforo ocupada pelas macroalgas, amostrada em quadrantes de 10x10cm.

### 2.3. Procedimentos de laboratório

As macroalgas foram levadas ao laboratório para a identificação até o menor nível taxonômico possível. Em laboratório, as macroalgas foram lavadas e, com o auxílio de estereomicroscópio, triadas e identificadas até o menor nível taxonômico possível.

Os valores de abundância considerados foram obtidos através da biomassa de peso seco. Para obtenção dos valores de peso seco de cada espécie, as macroalgas foram armazenadas em pacotes de alumínio com identificação, e levadas à estufa por 12 horas, aproximadamente a 60°C. Posteriormente foram pesadas em balança analítica. Para obtenção de valores relacionados à biomassa seca das macroalgas foi utilizada a fórmula: **Biomassa (g/cm<sup>2</sup>) = peso seco/As**, onde As = área amostrada na superfície do rizóforo.

### 2.4. Análise de dados

A análise de PCoA (Análise de Coordenadas Principais) realizada a partir dos dados de biomassa (quantitativos) foi utilizada para testar se houve preferência de alguma espécie por um ponto amostral específico de acordo com a sua salinidade. As relações entre os índices univariados da comunidade de macroalgas e a variável ambiental salinidade foram avaliadas através da correlação de Spearman. Para identificar a correlação entre a estrutura multivariada da comunidade de macroalgas e combinações de variáveis ambientais (salinidade e temperatura), utilizou-se a análise BIO-ENV.

Para avaliar a diferença entre os estratos amostrados (Superior, Médio e Inferior), para testar a existência de zonation vertical, comparando a variabilidade dentro dos grupos e a variação entre os mesmos, foi realizada a Permanova, análise utilizada para comparar os tratamentos, seguida pelo teste adicional PermDisp, teste de confiabilidade, que pode apresentar heterogeneidade nas comunidades de acordo com o valor encontrado de p.

Para comparar as amostragens relacionando a variação da salinidade e a distribuição espacial das macroalgas, obtendo dados relacionados à riqueza (S), índice de diversidade de Shannon-Weaner ( $H'$ ) e equitabilidade de Pielou (J), foi realizada a análise de variância (ANOVA). Os testes estatísticos foram realizados para avaliar a significância entre as diferenças nos descritores biológicos da comunidade. Complementando esses dados, foi realizada a análise de IndVal que mostra o valor individual da espécie que pode ser considerada uma boa indicadora ou não, do estado do ambiente em que vive, para verificar se houve alguma espécie com grau de indicadora potencial no ambiente estudado. Uma análise de agrupamento (*cluster*) foi realizada através do cálculo do índice de similaridade de Bray-Curtis, para avaliar a semelhança entre os pontos amostrais, de acordo com diferenças na estrutura de comunidades de macroalgas e testada pela Permanova com dois fatores (pontos amostrais e biomassa). Para todas as análises foi considerado um nível de significância  $< 0,05$ .

As análises propostas e os testes foram obtidos através dos pacotes estatísticos Primer<sup>®</sup>, R<sup>®</sup> e Statistica<sup>®</sup>.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Composição Florística e Biomassa

Foram encontradas dez espécies de macroalgas (Tabela 1), representando as divisões Rhodophyta e Chlorophyta. Para a divisão Rhodophyta foram encontradas sete espécies, como segue: *Bostrychia radicans* (Montagne) Montagne (Figs. 3 e 4), *Bostrychia tenella* (J.V.Lamouroux) J.Agardh (Fig. 5), *Bostrychia calliptera* (Montagne) Montagne (Figs. 6, 7 e 8), *Bostrychia montagnei* Harvey (Figs. 9 e 10), *Bostrychia moritziana* (Sonder ex Kützing) J.Agardh (Fig. 12), *Caloglossa leprieurii* (Montagne) G.Martens (Fig. 13) e *Catenella caespitosa* (Whitening) L.M.Irvine (Fig. 14). Já a divisão Chlorophyta foi representada por apenas três espécies: *Boodleopsis pusilla* (F.S.Collins) W.R.Taylor, A.B.Joly & Bernatowicz (Figs. 15 e 16) e *Rhizoclonium* sp Kützing (Figs. 17, 18, 19 e 20). Pôde-se observar a associação comum ao manguezal: o “Bostrychietum”. Embora representantes do gênero *Rhizoclonium* sp. tenham sido coletados, principais componentes do “Rhizoclonietum”, estes só foram registrados com valores de biomassa considerável na coleta do mês de mai/15. As duas espécies do gênero *Rhizoclonium* (*R. africanum* Kützing (Fig. 19) e *R. riparium* (Roth) Harvey (Figs. 17, 18 e 20) ) foram consideradas como uma única unidade operacional, denominada *Rhizoclonium* sp. Este procedimento foi adotado, pois se tornou inviável isolar e identificar a grande quantidade de filamentos das duas espécies coletadas.

A espécie mais representativa neste estudo foi *Bostrychia montagnei*, pois apresentou maior contribuição de biomassa (Tab. 2) no decorrer das coletas. No entanto, esta espécie não ocorreu no último ponto amostral em nenhuma coleta.

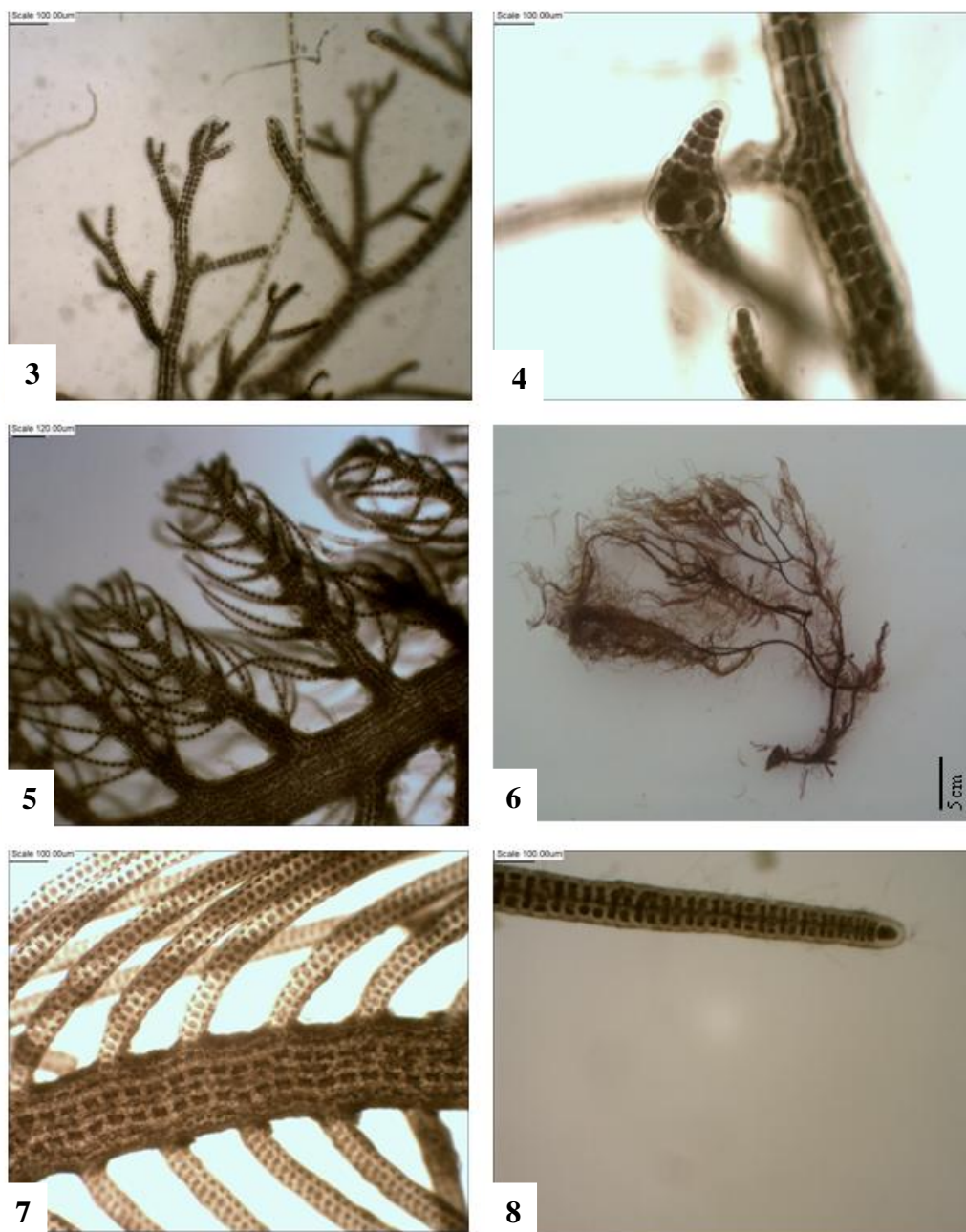
**Tabela 1:** Presença de espécies encontradas por coleta, em cada ponto amostral.

Táxons	1ª coleta				2ª coleta				3ª coleta				4ª coleta			
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
<b>Rhodophyta</b>																
<i>Bostrychia radicans</i> (Montagne) Montagne	*	*	*	-	*	*	*	*	*	*	*	-	*	-	-	-
<i>Bostrychia tenella</i> (J.V.Lamouroux) J.Agardh	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bostrychia calliptera</i> (Montagne) Montagne	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Bostrychia montagnei</i> Harvey	*	*	*	-	*	*	*	-	*	*	*	-	*	*	*	-
<i>Bostrychia moritziana</i> (Sonder ex Kützing) J.Agardh	*	*	*	*	*	-	*	*	*	-	-	*	*	-	-	-
<i>Caloglossa leprieurii</i> (Montagne) G.Martens	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	-	-	*	*	-	*
<i>Catenella caespitosa</i> (Whitering) L.M.Irvine	-	-	*	-	-	-	*	*	-	-	*	*	-	-	*	*
<b>Chlorophyta</b>																
<i>Boodleopsis pusilla</i> (F.S.Collins) W.R.Taylor A.B.Joly & Bernatowicz	-	*	-	-	*	*	-	-	*	*	-	-	*	*	*	-
<i>Rhizoclonium riparium</i> (Roth) Harvey	-	*	*	*	-	*	*	-	-	*	-	-	-	*	*	*
<i>Rhizoclonium africanum</i> Kützing	-	*	*	*	-	*	*	-	-	*	-	-	-	*	*	*

**Tabela 2:** Valores de biomassa por espécie, em cada ponto amostral.

Táxons	1ª coleta				2ª coleta				3ª coleta				4ª coleta			
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
<b>Rhodophyta</b>																
<i>Bostrychia radicans</i> (Montagne) Montagne	5,2148	0,025	0,0668	0	0,0094	0,0698	0,7107	0,0029	2,1196	0	1,2089	0	4,9162	0	0	0
<i>Bostrychia tenella</i> (J.V.Lamouroux) J.Agardh	0	0	0	0	0	0,2423	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bostrychia calliptera</i> (Montagne) Montagne	0,1842	1,4816	6,0425	1,5571	1,7417	2,0614	2,6217	13,8791	0,6428	4,758	3,6142	0,5878	0,548	3,8665	3,465	4,3585
<i>Bostrychia montagnei</i> Harvey	26,2110	6,1461	5,9460	0,0000	33,8756	10,527	0,6289	0	31,6467	26,9526	9,5349	0	4,3954	20,5341	0,5402	0
<i>Bostrychia moritziana</i> (Sonder ex Kützing) J.Agardh	7,5326	0,0229	0,2369	0,0772	0,1466	0	0,2155	0,2246	0,4309	0	0	0,1354	0,4314	0	0	0
<i>Caloglossa leprieurii</i> (Montagne) G.Martens	0,0262	0,0486	0,239	0,0014	0,0713	0,0209	0,0511	0,0006	0,025	0,0016	0	0	0,0525	0,0222	0	0,0261
<i>Catenella caespitosa</i> (Whitling) L.M.Irvine	0	0	1,7908	0	0	0	1,6985	3,2817	0	0	0,015	5,8681	0	0	0,1835	2,9302
<b>Chlorophyta</b>																
<i>Boodleopsis pusilla</i> (F.S.Collins) W.R.Taylor A.B.Joly & Bernatowicz	0	0,1221	0	0	0,1454	0,4748	0	0	0,0027	0,7049	0	0	0,2148	0,8029	0,0661	0
<i>Rhizoclonium riparium</i> (Roth) Harvey	0	0,9074	4,899	0,8405	0	0,6783	0,0466	0	0	0,9019	0	0	0	0,292	0,1046	0,0139
<i>Rhizoclonium africanum</i> Kützing	0	0,9074	4,899	0,8405	0	0,6783	0,0466	0	0	0,9019	0	0	0	0,292	0,1046	0,0139





**Figuras 3-8:** 3-4. *Bostrychia radicans*. 3. Detalhe dos ramos terminais. 4. Detalhe mostrando ramo com estiquídio jovem. 5. Detalhe da ramificação de *Bostrychia tenella*. 6-8. *Bostrychia calliptera*. 6. Aspecto geral. 7. Detalhe da ramificação. 8. Detalhe do ápice do ramo.



9



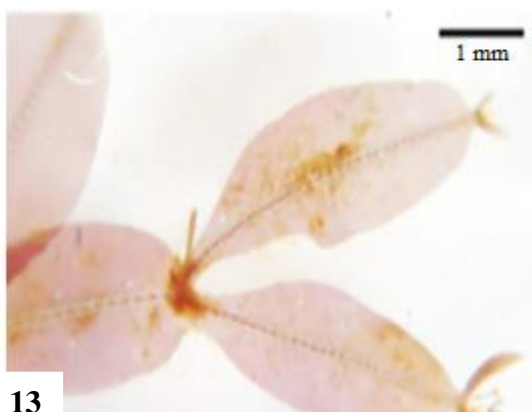
10



11



12

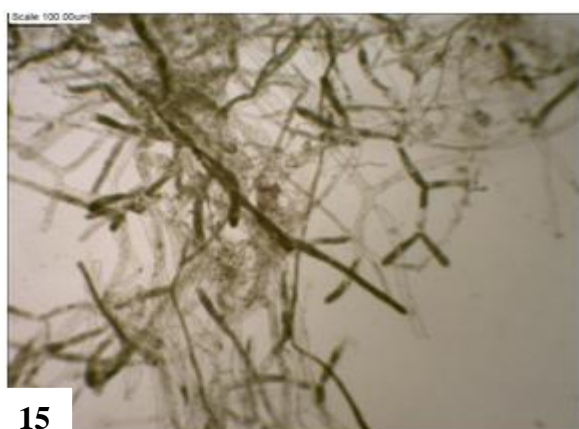


13



14

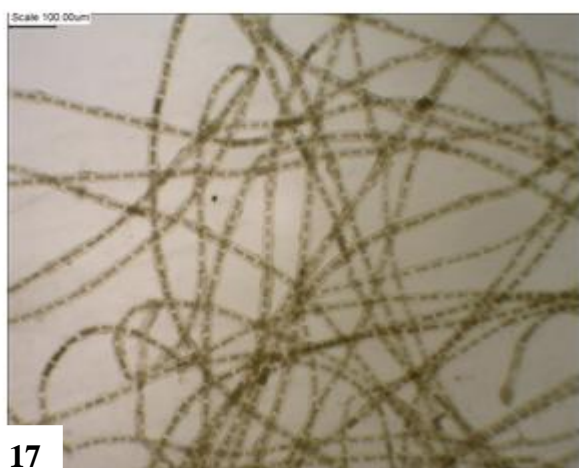
**Figuras 9-14:** 9. Detalhe do ramo com cistocarpo. 10. Aspecto geral de *Bostrychia montagnei*. 11. Detalhe do ramo com estiquídios de *Bostrychia radicans*. 12. Detalhe do ramo mostrando estiquídios de *Bostrychia moritziana*. 13. *Caloglossa leprieurii*. 14. Aspecto geral de *Catenella caespitosa*.



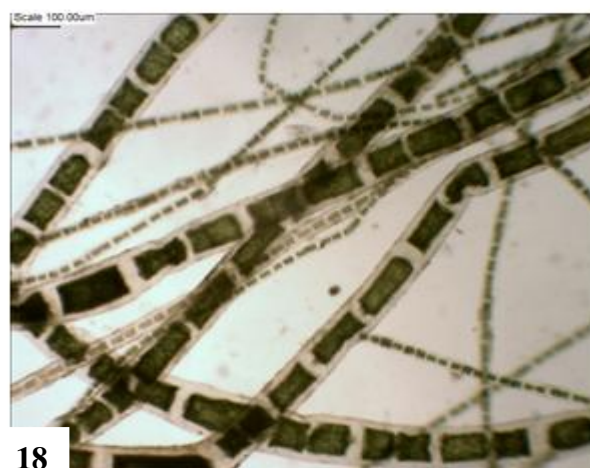
15



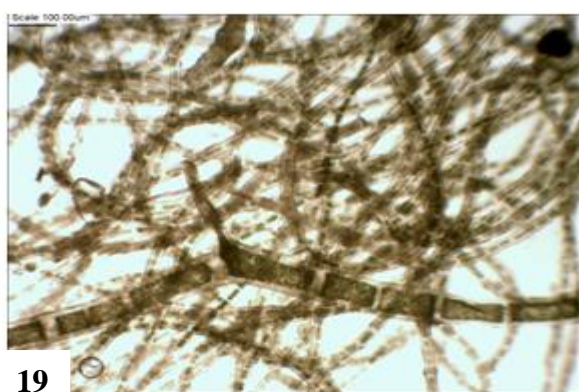
16



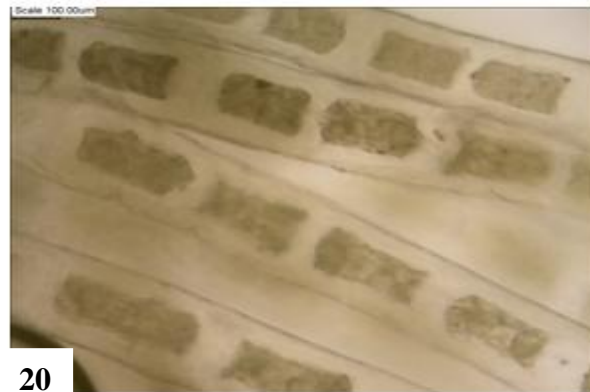
17



18



19



20

**Figuras 15-20:** 15-16. *Boodleopsis pusilla*. 15. Aspecto geral mostrando as ramificações. 16. Detalhe mostrando a ramificação dicotômica. 17-20. *Rhizoclonium* ssp. 17. Filamentos emaranhados de *Rhizoclonium riparium*. 18-19. Filamentos emaranhados a espécie *Rhizoclonium africanum*. 20. Detalhe mostrando os filamentos.





**A**



**B**



**C**

**Figuras 21A-C:** Disposição das macroalgas na superfície dos rizóforos no manguezal do rio São Mateus.

### 3.2. Parâmetros ambientais

Os dados de salinidade (Tab. 4) evidenciaram a existência de um gradiente salino ao longo do estuário. Os valores de biomassa apresentaram decréscimo no 3º e 4º pontos de amostragem, quando comparados aos dois primeiros pontos (Fig. 22A, B, C e D).

O resultado do PCoA (Fig. 23) demonstrou a distribuição de algumas espécies em relação aos diferentes gradientes de salinidade. Assim, foi possível identificar que as espécies *Bostrychia calliptera* e *Catenella caespitosa*, ocorreram predominantemente nos pontos 3 e 4. Já as espécies *Bostrychia moritziana* e *Bostrychia radicans* ocorreram com maior representatividade no ponto 1. E, por fim, a espécie *Bostrychia tenella*, apresentou maiores valores de biomassa, quando relacionada ao ponto 2, pois esta só ocorreu neste ponto.

A correlação de Spearman (Tab. 3) apresentou relações significativas entre a salinidade e a biomassa das macroalgas.

Através da análise BIO-ENV, a temperatura da água não foi considerada um parâmetro determinante na estruturação da comunidade ficobentônica, obtendo-se um índice de correlação de 0,062. Atuando isoladamente, a salinidade mostrou ser o parâmetro ambiental mais importante dentre os estudados, com um índice de correlação de 0,881.

**Tabela 3:** Coeficiente de correlação de Spearman entre os índices da comunidade ficobentônica e salinidade.

Espécies	Média	Salinidade
<i>Bostrychia montagnei</i>	0,012	<b>0,544</b>
<i>Rhizoclonium</i> sp.	-0,304	0,118
<i>Bostrychia tenella</i>	-0,115	<b>0,517</b>
<i>Bostrychia calliptera</i>	-0,073	-0,088
<i>Caloglossa leprieurii</i>	-0,304	<b>0,569</b>
<i>Bostrychia moritziana</i>	-0,386	<b>0,581</b>
<i>Boodleopsis pusilla</i>	0,356	<b>0,569</b>
<i>Bostrychia radicans</i>	-0,268	<b>0,522</b>
<i>Catenella caespitosa</i>	0,134	<b>-0,520</b>

**Tabela 4:** Parâmetros físico-químicos e nível de maré durante as amostragens.

Variáveis Abióticas	1ª coleta				2ª coleta				3ª coleta				4ª coleta			
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
Maré	0,1				0				0,2				0,2			
Salinidade	38	32	30	20	38	36	35	32	31	29	28	22	38	36	32	20
Temperatura da água (°C)	24,6	25,1	24,9	26	23,8	24,8	24,6	24,9	27,8	28,6	29,5	29,6	29,7	29	30,3	31,4

\*Dados de maré obtidos do DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação), tábua de maré para o Terminal de Barra do Riacho, ES.

### 3.3. Zonação

Os resultados da Permanova (Fig. 24) mostraram que não houve diferenciação significativa entre os estratos dos rizóforos (Superior, Médio e Inferior), apresentando o valor de pseudo F: 1,2602. A análise PermDisp corroborou com estes resultados, mostrando que não há um padrão bem definido de zoneamento na distribuição das espécies (p: 0,285).

### 3.4. Índices ecológicos

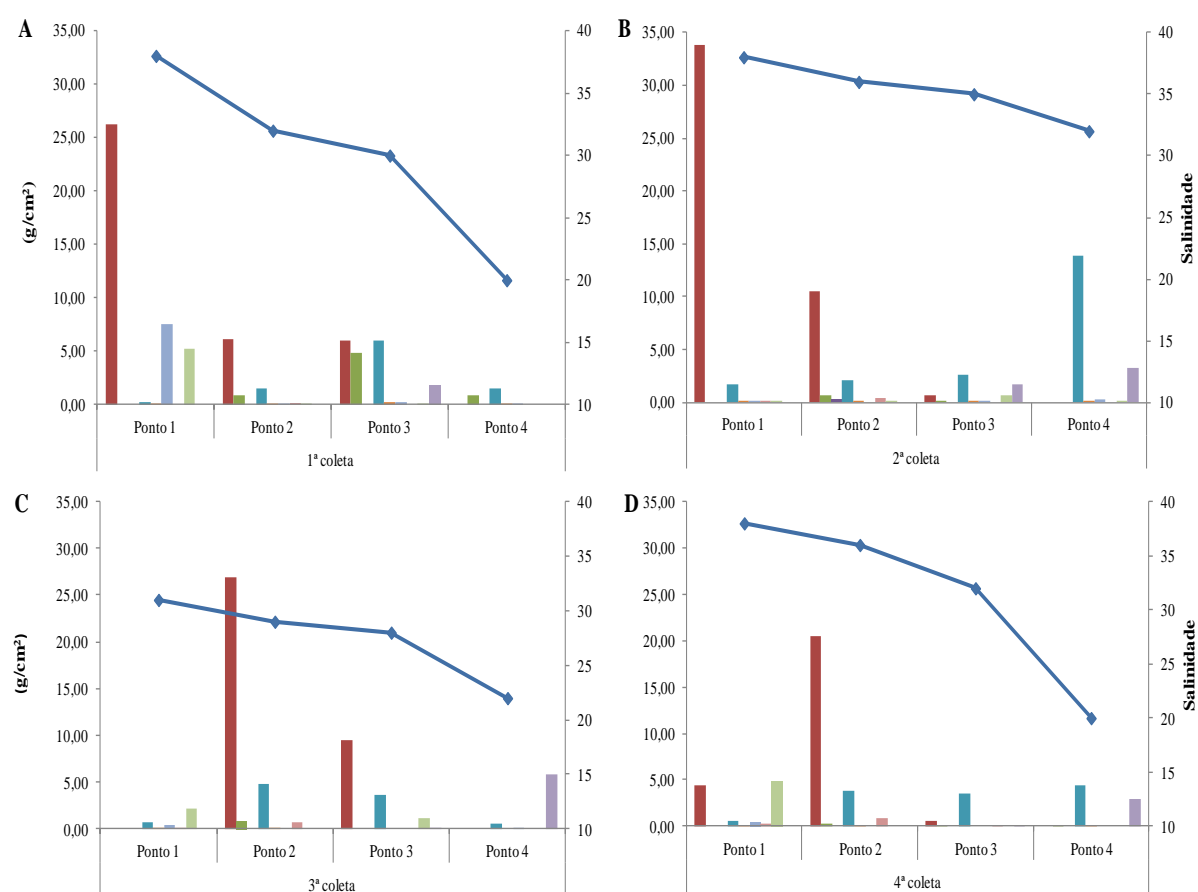
Pela análise ANOVA (Fig. 25A, B, C e D) para os descritores de riqueza, equitabilidade de Pielou e diversidade de Shannon, constatou-se que a comunidade respondeu de forma diferente a variação dos diferentes níveis de salinidade apresentados pelos pontos amostrais, sendo o último o que mais se diferenciou dos outros. Desta forma, foi possível perceber a redução do número de espécies e a baixa diversidade do último ponto amostral, além do decréscimo da produção de biomassa. Apesar disso, este ponto apresentou alta equitabilidade em todas as coletas, o que se pode atribuir à baixa riqueza de espécies constante neste ponto durante todas as coletas.

Os resultados do IndVal (Tab. 5) mostraram que das dez espécies encontradas, apenas duas se associaram a um fator específico (alta ou baixa salinidade). A espécie *Bostrychia montagnei* (IndVal: 0,687; p: 0,005) apresentou uma relação maior com as áreas de alta salinidade. Já os representantes do gênero *Rhizoclonium* sp. (IndVal: 0,543; p:0,025) apresentaram uma preferência maior pelas áreas de baixa salinidade.

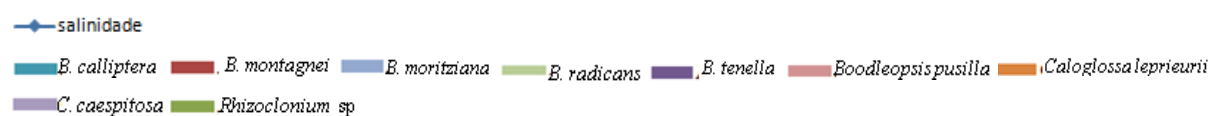
**Tabela 5:** Resultado da análise Indval, ao nível de significância de  $p < 0,05$ . Onde, sp1: *Bostrychia montagnei*, sp2: *Rhizoclonium* sp., AS: alta salinidade e BS: baixa salinidade.

	Indval	p	Associação
sp1	0,687	0,005	AS
sp2	0,543	0,025	BS

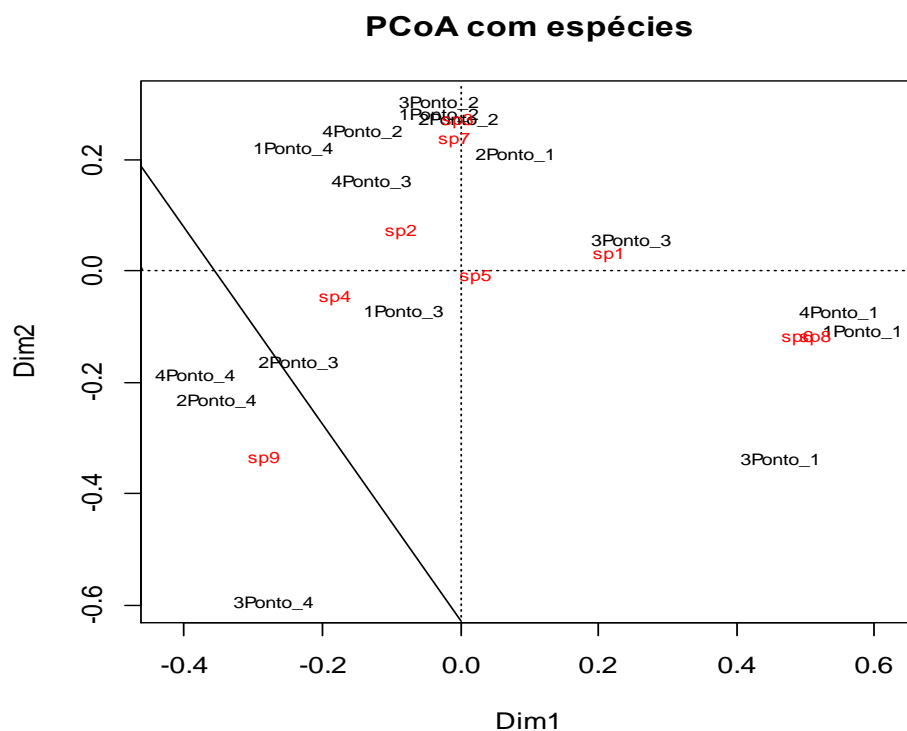
A análise de *cluster* (Fig. 26) mostrou que, em relação aos valores de biomassa total, existe uma diferenciação entre os pontos amostrais, sendo o ponto 1 mais similar ao ponto 2, apresentando uma similaridade entre as amostras de 63%, com maior riqueza de espécies e valores de biomassa e o ponto 3 foi agrupado com o ponto 4, formando um grupo distinto, com similaridade de 69%. A análise de Permanova (Fig. 27) confirmou estes resultados (pseudo F: 2,9296, p: 0,001).



**Figura 22:** Gráfico apresentando os valores de biomassa por espécie (expressos em g/cm²) e os níveis de variação de salinidade da 1ª coleta (A), 2ª coleta (B), 3ª coleta (C) e 4ª coleta (D). Legenda:

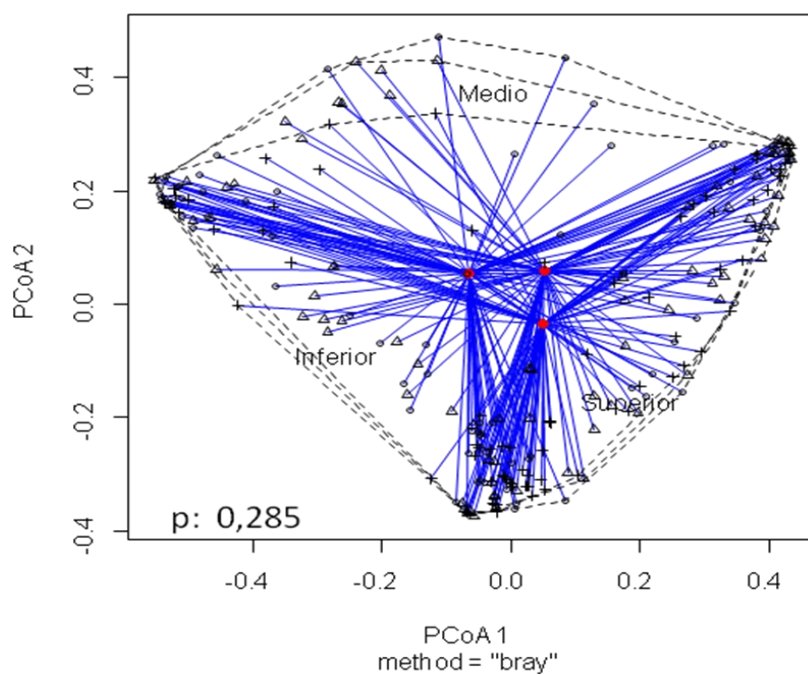




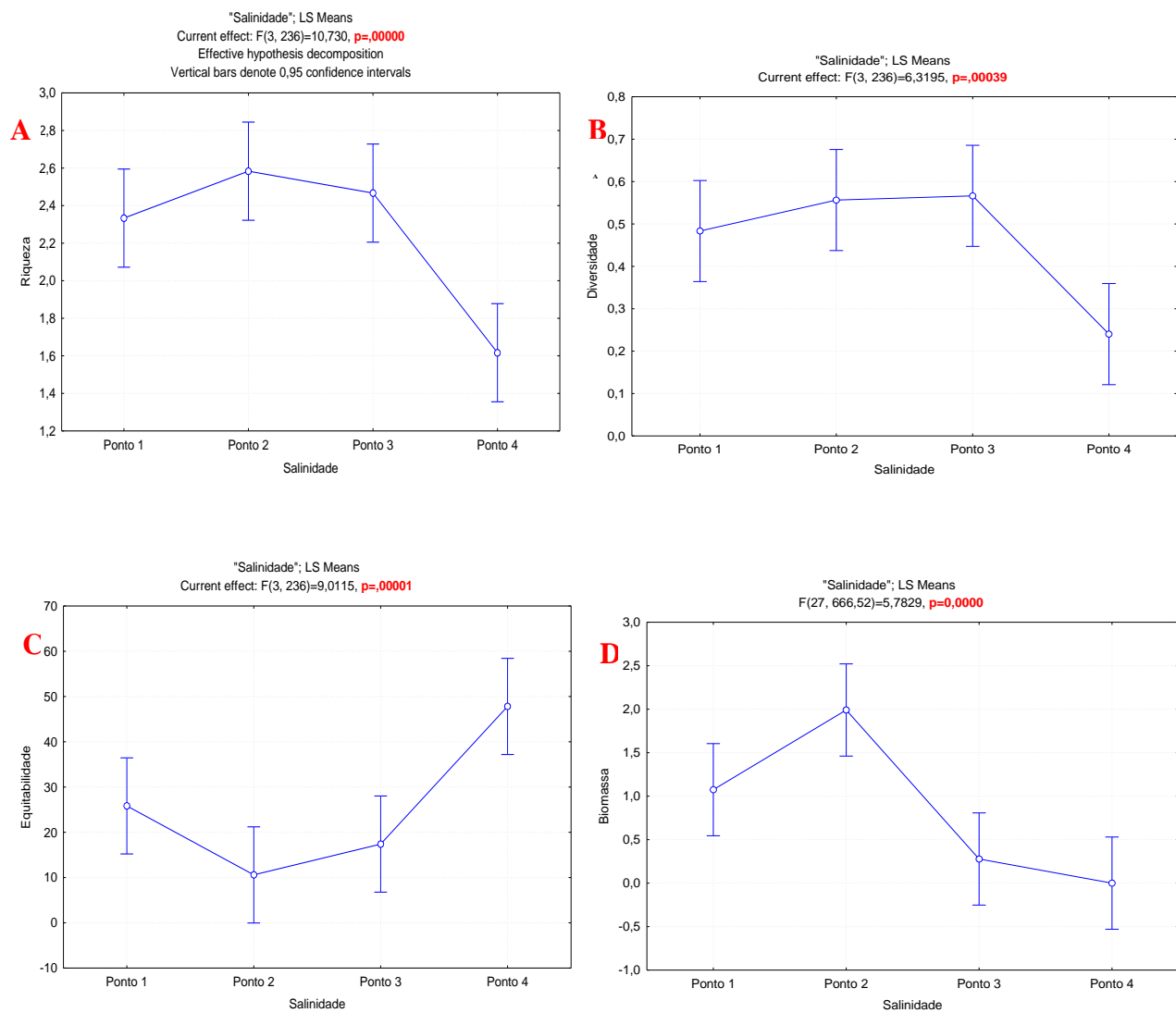


**Figura 23:** PCoA apresentando a distribuição das espécies a pontos amostrais de acordo com a salinidade apresentada em cada ponto, a partir dos dados de biomassa. Legenda:

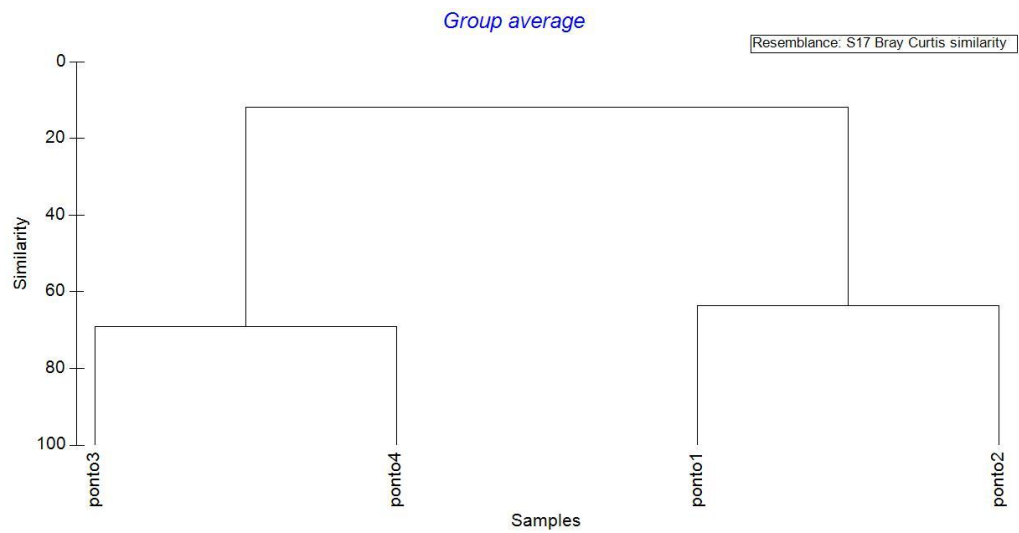
**sp1:** *Bostrychia montagnei*, **sp2:** *Rhizoclonium* sp., **sp3:** *Bostrychia tenella*, **sp4:** *Bostrychia calliptera*, **sp5:** *Caloglossa leprieurii*, **sp6:** *Bostrychia moritziana*, **sp7:** *Boodleopsis pusilla*, **sp8:** *Bostrychia radicans*, **sp9:** *Catenella caespitosa*.



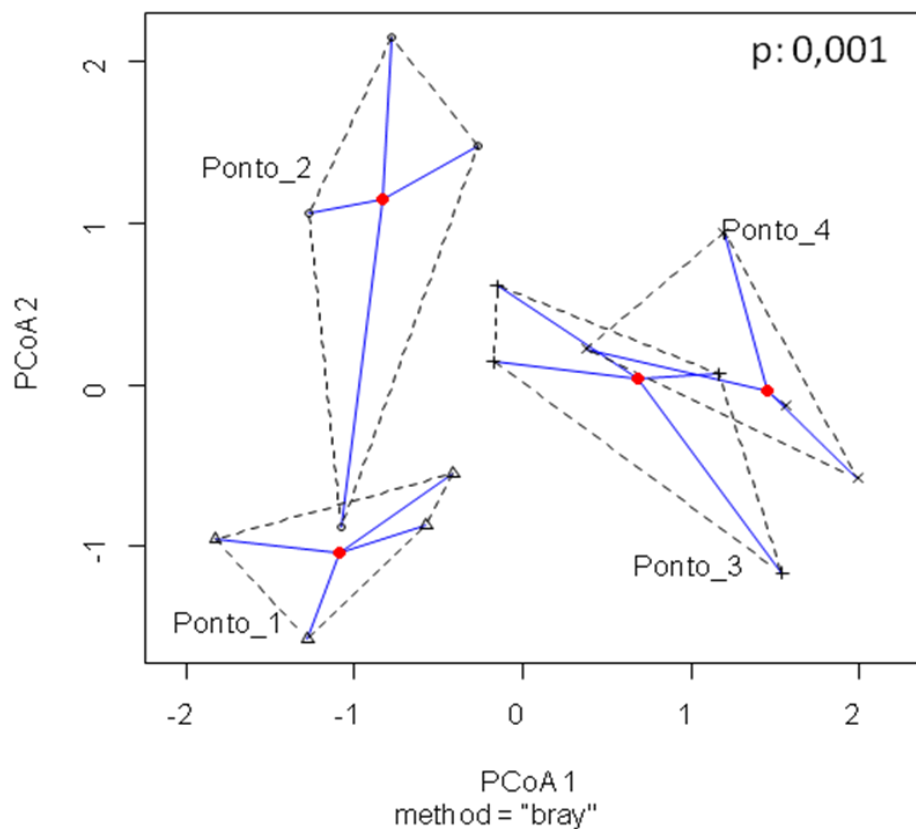
**Figura 24:** Permanova mostrando que não houve diferenciação dos estratos amostrados. Ao nível de significância  $<0,05$ .



**Figura 25:** ANOVA para os descritores de Riqueza (A), Diversidade (B), Equitabilidade (C) e Biomassa (D). Ao nível de significância de  $p<0,05$ .



**Figura 26:** Análise de agrupamento (*cluster*) utilizado para indicar similaridade entre os pontos amostrais.



**Figura 27:** Permanova confirmando a similaridade entre os pontos amostrais. Ao nível de significância  $<0,05$ .

#### 4. DISCUSSÃO

A composição florística das macroalgas aderidas aos rizóforos no manguezal do estuário do Rio São Mateus assemelha-se à flora algal característica dos manguezais brasileiros (Cutrim *et al.* 2004; Zucarello *et al.* 2001; Oliveira 1984; Miranda *et al.* 1988), e apresentou predomínio dos gêneros *Bostrychia*, *Catenella* e *Caloglossa* (Tab. 1), o mesmo observado por Cutrim *et al.* (2004).

Assim como Hadlich (1984) ressalta que o gênero *Rhizoclonium* vive associado a algas do gênero *Bostrychia*, esse padrão pôde ser observado também neste estudo. A alta representatividade do gênero *Bostrychia* sugere que o estuário seja pouco impactado e favorável ao estabelecimento e desenvolvimento de uma comunidade ficobentônica, característica apresentada pela comunidade encontrada neste trabalho. De acordo com Walsh (1974) quando o manguezal apresenta um bom desenvolvimento, diversos componentes de sua flora podem também seguir esta tendência.

A dominância do gênero *Bostrychia*, deve-se a ampla adaptação dos representantes deste gênero a variações nos parâmetros ambientais, como é o caso da salinidade, fato que explica a ocorrência deste gênero estar mais associado a regiões estuarinas (Yokoya *et al.*, 1999). Zucarello & West (2011) reforçam que este gênero é especialmente ocorrente em manguezais, mas também é encontrado em regiões temperadas e subantárticas frias.

A dominância e maior contribuição de biomassa da espécie *Bostrychia montagnei* (Tab. 2) pode ser explicada pela alta taxa de crescimento desta espécie, variando entre 1 e 4% ao dia (Cunha *et al.*, 1999).

A comunidade de macroalgas apresentou relação com o gradiente salino em que foi submetida ao longo das amostragens no estuário, que neste estudo variou de 20 a 38 (Tab. 4), condição confirmada pela correlação de Spearman (Tab. 3). A salinidade demonstrou ser fator preponderante na composição e distribuição das macroalgas ao longo do estuário. Este

resultado concorda com os obtidos por Cutrim *et al.* (2004), que evidenciou os efeitos da variação da salinidade e intensidade de dessecação na distribuição de macroalgas, conforme também verificado por Chihara & Tanaka (1986) em manguezais da Indonésia. Isso ocorreu por que, de acordo com Cunha *et al.* (1999), as algas são reconhecidamente organismos de grande dinâmica de biomassa. Assim, foi possível perceber que as espécies identificadas neste trabalho sofreram influência do ambiente e responderam com o investimento em biomassa algal para espécies mais tolerantes a variações nos parâmetros ambientais que ocorreram ao longo da amostragem, neste caso, o gradiente salino. Segundo Eston *et al.* (1991), as variações na salinidade estabelecem áreas de ocorrência para as macroalgas associadas aos manguezais, bem como, influenciam a abundância, a composição e a distribuição dessa flora.

A ocorrência das espécies *Bostrychia calliptera* e *Catenella caespitosa* preferencialmente nos pontos amostrais que apresentaram menores valores de salinidade (Tab. 1) pode ser explicada devido a capacidade de adaptação destas algas em resposta à variações ambientais. Cunha & Costa (2002) evidenciaram em seu trabalho que estas espécies geralmente dominam áreas mesohalinas e oligohalinas, respectivamente. Cunha *et al.* (1999) também evidenciaram em seu trabalho o aumento na produção de biomassa da espécie *B. calliptera* em áreas de manguezal, considerada fisiologicamente adaptada a habitats de manguezal em que as condições de salinidade variam muito, em cerca de horas, constatando que sua taxa de crescimento máximo elevou de 7% para 32% em condições hipersalinas (Karsten & West, 1996).

A característica oligohalina da espécie *Catenella caespitosa* pode explicar os maiores valores de biomassa registrados para a espécie no último ponto amostral, que apresentou os dados de salinidade variando entre 20 (menor valor encontrado) e 32 (maior valor encontrado), esta espécie é reconhecidamente de interesse ecofisiológico nos últimos anos devido esta espécie obter vantagem competitiva em relação a outras, pois é capaz de adaptar-se a

disponibilidade de luz e salinidade no ambiente estuarino (Sánchez de Pedro *et al.*, 2013). Além disso, acredita-se que esta espécie pode desempenhar um papel fundamental na definição dos limites de distribuição das rodofíceas, considerando que esta pode impulsionar uma interação competitiva com outras espécies para obtenção de recursos como luz, superfície, susceptibilidade a herbívoros ou capacidades fisiológicas distintas (Sánchez de Pedro *et al.*, 2013), sendo capaz de crescer tanto em condições de pouca luz, seja em campo ou *ex situ*, realizando fotossíntese e investindo em biomassa algal (Sánchez de Pedro *et al.*, 2014). Estas características combinadas a baixa taxa respiratória são consideradas vantagens para tolerar regimes de pouca luminosidade, e também evitar perdas excessivas de carbono (Copertino *et al.*, 2009).

Com relação à maior biomassa das espécies *Bostrychia moritziana* e *Bostrychia radicans* registradas no ponto 1, Karsten *et al.* (1993) em seu estudo demonstrou a aclimação da espécie *B. moritziana* a fatores abióticos extremos, registrando as maiores taxas de crescimento desta espécie em ambiente com alta salinidade, apresentando seu ótimo em regiões com salinidade entre 30 e 40. Já para *B. radicans*, Yarish *et al.* (1979) demonstrou que populações desta espécie apresentaram tolerância à salinidade e um determinado padrão de crescimento, pois em condições de alta salinidade sua taxa fotossintética aumentou, e, quando submetida a baixa salinidade há um declínio em sua atividade fotossintética. Corroborando com estes trabalhos Cunha & Duarte (2002) constatou que a produtividade das algas estudadas está diretamente relacionada com a salinidade, e os maiores valores de produção ocorrem em salinidades mais próximas da água do mar.

Pode-se atribuir a dominância do gênero *Bostrychia* neste estudo pela sua maior adaptação aos grandes rigores de dessecação sofridos pelos organismos em ambientes de manguezal (Wilcox 1975). Esse gênero tem sido extensivamente estudado em termos de sua fisiologia (Karsten & Kirst, 1989), especialmente em relação à sua tolerância à variação de

salinidade (Yarish & Edwards, 1982). No que diz respeito ao crescimento, fotossíntese e respiração, foi constatada a natureza euhalina deste gênero (Yarish *et al.*, 1979).

A ampla tolerância das algas de manguezal a condições tipicamente estressantes do ambiente estuarino e intermareal (Mann & Steinke, 1988; Peña *et al.*, 1999), como, por exemplo, a salinidade, permite que elas ocupem vários habitats e incrementem sua biomassa.

A ausência da distribuição vertical (Fig. 24) de macroalgas ao longo da superfície dos rizóforos, provavelmente, pode ser explicada pela altura que as macroalgas atingem no rizóforo. Obteve-se uma amplitude média de 30 cm neste trabalho, valor bem inferior quando comparado ao trabalho de Cutrim *et al.* (2004) que encontraram uma amplitude média de 80 cm de macroalgas em áreas de manguezal no Maranhão. Estes autores atribuíram esse padrão de zoneamento das espécies de macroalgas na superfície dos rizóforos ao perfil topográfico das áreas estudadas, que proporcionam uma área maior para a fixação das macroalgas, favorecendo uma maior variação de condições ambientais nos diferentes estratos. No entanto, provavelmente devido à baixa amplitude de marés observada para o extremo norte do estado do Espírito Santo, pode-se explicar a ausência de zoneamento vertical nos rizóforos neste trabalho. Isso ocorre porque a baixa amplitude de maré desta região não permite que as macroalgas atinjam um nível de altura muito elevada na superfície do rizóforo. Desta forma, não proporciona longos período de submersão e emersão das macroalgas na superfície dos rizóforos, o que inviabiliza a definição de estratos, e a possível ocorrência das espécies por estratos específicos.

Os dados da ANOVA (Fig. 25A, B, C e D) para os índices ecológicos (riqueza, diversidade e equitabilidade) demonstraram que o ambiente responde as variações que sofrem, e isso resulta em alterações na estrutura da comunidade algal. Essa resposta pode ser visualizada principalmente nos dados da amostragem do último ponto (Ponto 4), quando comparados os dados de riqueza e diversidade dele com os outros. Foi possível perceber que

tanto a riqueza quanto a diversidade reduzem nesse último ponto amostral. Concordando com isso, a equitabilidade mostrou-se significativamente diferente neste ponto amostral, podendo-se atribuir esse resultado ao menor número de espécies que ocorreram neste ponto.

O resultado do IndVal mostrou que a espécie *Bostrychia montagnei* apresentou uma maior relação com a área de alta salinidade. A ocorrência de *B. montagnei* no ponto amostral com maior salinidade enfatiza a tolerância desta espécie a variações de parâmetros ambientais, como foi demonstrado por Cunha & Costa (2002) que caracterizou esta espécie como euhalina. Cunha & Duarte (2002) realizando estudos experimentais perceberam que o aumento da salinidade proporcionou uma elevação da taxa fotossintética desta espécie, favorecendo o aumento das taxas de respiração também. No estudo realizado por eles pode-se perceber que esta espécie aumentou sua produtividade quando submetida à salinidade superior a 30. Em outro trabalho, Cunha *et al.* (1999) observaram que esta espécie é a macroalga vermelha com maior representatividade em termos de biomassa no manguezal.

Considerando os resultados obtidos na análise de IndVal, a maior ocorrência dos representantes do gênero *Rhizoclonium* pelo ponto amostral com menor salinidade, também foi registrado para o trabalho de Cunha & Costa (2002) onde as espécies do gênero ocorreram preferencialmente em áreas oligohalinas e apresentaram baixos valores de biomassa média.

O resultado obtido na análise de agrupamento (Fig. 26) pode ser atribuído provavelmente à preferência das espécies por pontos amostrais de acordo com a salinidade apresentada. Dessa forma, *Bostrychia moritziana* e *Bostrychia radicans* tiveram predominância no ponto 1, que registrou maiores valores de salinidade, e as espécies *Bostrychia calliptera* e *Catenella caespitosa* ocorreram mais abundantes nos pontos amostrais que apresentaram menores valores de salinidade. Essa padrão também foi registrado por Pellizzari *et al.* (2014), em seu estudo onde áreas que apresentavam variações de salinidade influenciavam na diversidade e riqueza das espécies de macroalgas encontradas. Desta forma, ele verificou que



áreas com baixa salinidade apresentavam uma menor diversidade de espécies. Além disso, verificou-se este padrão na análise de Permanova entre os pontos amostrais (Fig. 27).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Macroalgas marinhas são organismos que respondem rapidamente a alterações do meio em que estão submetidas. Características bióticas e abióticas podem promover mudanças no padrão de ocorrência e distribuição das espécies. Desta forma, estes organismos podem ser considerados ótimos indicadores das condições do ambiente em que vivem.

Os resultados obtidos neste estudo comprovam este fato, devido alteração nos valores de biomassa das espécies que foram observadas. Assim, espécies como *Bostrychia montagnei* pode ser considerada um bom indicador para monitoramento ambiental, pois ao contrário das outras espécies, esta obteve uma contribuição significativa de biomassa, embora não tenha ocorrido no último ponto amostral. No entanto, a associação “Bostrychietum” não pode ser considerada, pois, embora a biomassa e a estrutura da comunidade de macroalgas sofram intervenção das variações dos parâmetros ambientais, esta associação sempre se mostra presente, mesmo que representada por poucas espécies, confirmando sua capacidade de resistência a alterações sofridas no ambiente em que estão inseridas.

Este trabalho contribui para o conhecimento da ficoflora atual, concordando com outros estudos realizados em manguezais no litoral brasileiro. Sendo assim, pode-se afirmar que o manguezal estudado se mostra pouco impactado, devido à composição de espécies encontradas no ambiente. Considerando que a comunidade encontrada neste ambiente é característica de manguezais pouco impactados.

Além disso, pode-se inferir que a salinidade e o gradiente salino que esta impõe no ambiente, é fator preponderante para a ocorrência e manutenção das espécies, de forma que,

pode vir a selecionar espécies com maior tolerância e adaptação a variações do ambiente em que estão inseridas.

A análise de distribuição vertical não demonstrou ser um bom método de amostragem devido às características estruturais do bosque estudado, como a amplitude de maré. A amostragem de biomassa demonstrou-se eficiente para análise da estrutura da comunidade. Assim, pode-se propor que para os ambientes estuarinos do estado do Espírito Santo, o método de amostragem de biomassa possivelmente seria suficiente, pois, neste trabalho demonstrou-se eficiente para a análise da estrutura da comunidade de macroalgas, devido a produtividade de biomassa apresentada pelas macroalgas.

A partir da observação dos resultados, pode-se afirmar que a metodologia utilizada foi efetiva para amostrar a estruturação da comunidade de macroalgas. Desta forma, espera-se que os resultados obtidos neste trabalho tragam subsídios para futuros projetos de manejo e conservação deste ambiente.

Este trabalho mostra-se relevante para o conhecimento da ficoflora bentônica associada ao ecossistema manguezal. Considerando que a área estudada está inserida em uma área de preservação ambiental.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chihara M, Tanaka J. 1986. Species composition and ecology of macroalgae in mangrove brackish of east Indonésia. In: Ogina K, Chihara M. (Eds.) Biological system of mangrove. A report of east Indonésia mangrove expedition. Ehuna University p.7–20.
- Conover JJ. 1964. Benthic plants in some Texas lagoons. *Botanica Marina* 7:4-41.
- Copertino MS, Cheshire A, Kildea T. 2009. Photophysiology of a turf algal community: integrated responses to ambient light and standing biomass. *Journal of Phycology* 45: 324–336.
- Cunha SR, Nascimento J, Lima GB *et al.* 1999. Distribuição e biomassa de macroalgas em um manguezal da Baía da Babitonga, SC: resultados preliminares. *Notas Técnica Facimar* 3:1-15.
- Cunha SR, Costa BSC. 2002. Gradientes de salinidade e frequência de alagamento como determinantes da distribuição e biomassa de macroalgas associadas a troncos de manguezais na Baía de Babitonga, SC. *Notas Técnicas Facimar.* 6:93-102.
- Cunha SR, Duarte RN. 2002. Taxas fotossintéticas e respiratórias de macroalgas do gênero *Bostrychia* (Rhodomelaceae, Rhodophyta). *Notas Técnicas Facimar.* 6:103-110.
- Cutrim JVM. 1998. Distribuição espaço-temporal de macroalgas aderidas em troncos e pneumatóforos de *Avicennia germinans* (L.) Stearn em duas áreas de mangues da Ilha de São Luís – MA / Brasil. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo (Instituto de Biociências). São Paulo.
- Cutrim JVM, Silva FE, Azevedo GCA. 2004. Distribuição vertical das macroalgas aderidas em rizóforos de *Rhizophora mangle* Linnaeus nos manguezais de Parna-Açu e Tauá-Mirim (Ilha de São Luís/MA-Brasil). *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia* 17: 9-18.

- Dawes CJ. 1996. Macroalga diversity, standing stock and productivity in a northern mangal on the west coast of Florida. *Nova Hedwigia* 112:525-535.
- DHN. 2016. Diretoria de Hidrografia e navegação. Disponível em [www1.mar.mil.br/dhn/inicial](http://www1.mar.mil.br/dhn/inicial). 20 de agosto de 2016.
- Eston VR, Yokoya NS, Fujii MT, Braga MRA, Plastino EM, Cordeiro-Marino M. 1991. Mangrove macroalgae in southeastern Brazil: spatial and temporal patterns. *Revista Brasileira de Biologia* 51(4): 829- 837.
- Fidalgo O, Bononi VLR. 1989. Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico. Série Documentos. São Paulo: Instituto de Botânica 4: 1-61.
- Hadlich RM. 1984. Contribuição ao levantamento taxonômico das algas marinhas bentônicas do mangue de Itacorubi – Florianópolis – Ilha de Santa Catarina – Brasil. *Insula* 14: 121-138.
- Horta PA, Amancio E, Coimbra CS, Oliveira EC. 2001. Considerações sobre a distribuição e origem da flora de macroalgas marinhas brasileiras. *Hoehnea* 28: 243-265.
- IBGE. 2016. Censo Demográfico. Disponível em: <http://cod.ibge.gov.br/532>, Brasil.
- IEMA. 2016. Plano de Manejo da APA de Conceição da Barra. Disponível em: <http://www.meioambiente.es.gov.br/default.asp?pagina=16699>, Brasil.
- Karsten U, Kirst GO. 1989. Incomplete turgor pressure regulation in the terrestrial red alga *Bostrychia scorpioides* (Huds.) Mont. *Plant Science*. 61: 29–36.
- Karsten, U.; West, J. A. & E. K. Ganesan. 1993. Comparative physiological ecology of *Bostrychia moritziana* (Ceramiales, Rhodophyta) from freshwater and marine habitats. *Phycologia*, 32: 401-409.
- Karsten U, West JA. 1996. Salt tolerance and growth of *Bostrychia pinnata* and *B. calliptera* in laboratory culture (Ceramiales, Rhodophyta). *The Philippine Scientist* 33: 16-22.

- Loureiro RR, Reis PR. 2008. Efeito do gradiente de salinidade na taxa fotossintética de *Polysiphonia subtilissima*, *Cladophora vagabunda* e *Ulva flexuosa* subsp. *flexuosa* na lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia* 59 (2): 291-296.
- Mann FD, Steinke TD. 1988. Photosynthetic and respiratory responses of the mangrove-associated red algae, *Bostrychia radicans* e *Caloglossa leprieurii*. *South African Journal of Botany* 54: 203- 207.
- McGlathery KJ, Pedersen MF, Borum J. 1996. Changes in intracellular nitrogen pools and feedback controls on nitrogen uptake in *Chaetomorpha linum* (Chlorophyta). *Journal of Phycology* 32: 393-401.
- Miranda PTC, Gurgel FFG, Liberato MAF, Oliveira MT, Arruda TLB. 1988. Comunidades bentônicas em raízes de *Rhizophora mangle* L., no manguezal do rio Ceará (Ceará – Brasil. *Arquivo de Ciências do Mar* 27: 101-110.
- Oliveira EC. 1984. Brazilian mangal vegetation with special emphasis on the seaweeds, p. 55-65. In: Por, F.D. & Dor, I. (eds), *Hydrobiology of the Mangal*. Dr. W. Junk Plublishers, The Hague.
- Pellizzari F, Bernardi J, Silva EM, Silva MC, Yokoya NS. 2014. Benthic marine algae from the insular areas of Paraná, Brazil: new database to support the conservation of marine ecosystems. *Biota Neotropica* 14(2): 1–12.
- Peña EJ, Zingmark R, Nietch C. 1999. Comparative photosynthesis of two species of intertidal epiphytic macroalgae on mangrove roots during submersion and emersion. *Journal of Phycology* 35:1206- 1214.
- Ramus J, Venable M. 1987. Temporal ammonium patchiness and growth rate in *Codium* and *Ulva* (Ulvophyceae). *Journal of Phycology* 23: 518-523.

- Sánchez de Pedro R, Niell FX, Carmona R. 2013. Differential nutrient uptake by two segregated red algae in an estuarine intertidal zone. *Phycologia* 52(6):461–471
- Sánchez de Pedro Raquel, Niell FX, Carmona R. 2014. Understanding the intertidal zonation of two estuarine red macroalgae from ex situ photoacclimative responses. *European Journal of Phycology* 49(4): 538-549.
- Schmiegelow MMJ. 2004. O planeta azul: Uma introdução as ciências marinhas. Volume 1. Interciência.
- Silva MAB, Bernini E, Carmo TMS. 2005. Características estruturais de bosques de mangue do estuário do rio São Mateus, ES, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*.19:465-471.
- Steinke TD, Naidoo Y. 1990. Biomass of algae epiphytic on pneumatophores of the mangrove, *Avicennia marina*, in the St. Lucia estuary. *South African Journal of Botany*. 56(2):226-232.
- Walsh GE. 1974. Mangroves: a review. In: Reinhold R, Queen W. (Eds.) *Ecology of Halophytes*. New York: Academic Press. p. 51-74.
- Wilcox LV, Yocon RG, Goodrich RC, Forbes AM. 1975. Ecology of mangroves in the jewfish cove, Exuma, Bahamas, In: Walsh GE, Snedaker SC, Teas HJ (eds.). *Proceeding of International Symposium on Biology and Management of mangroves*. Hawaii, University of Florida. Gainesville. p. 305 – 342.
- Wynne MJ. 2011 A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic: third revision. *Nova Hedwigia* 140: 1-166.
- Yarish C, Edwards P, Casey S. 1979. A culture study of salinity responses in ecotypes of two estuarine red algae. *Journal of Phycology* 15: 341-346.

- Yarish C, Edwards P. 1982. A field and cultural investigation of the horizontal and seasonal distribution of estuarine red algae of New Jersey. *Phycologia*. 21: 112-124.
- Yokoya NS, Plastino EM, Braga RMA *et al.* 1999. Temporal and spatial variations in the structure macroalgae associated with mangrove trees of Ilha do Cardoso, São Paulo state, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 22(2): 195-204.
- Zucarello GC, Yeates P, Wright JT, Bartlett J. 2001. Population structure and physiological differentiation of haplotypes of *Caloglossa leprieurii* (Rhodophyta) in a mangrove intertidal zone. *Journal Phycology* 37: 235 – 244.
- Zuccarello CG, West AJ. 2011. Insights into evolution and speciation in the red alga *Bostrychia*: 15 years of research. *Algae*. 26(1): 3-14.